

薄壁注塑

达明科技有限公司

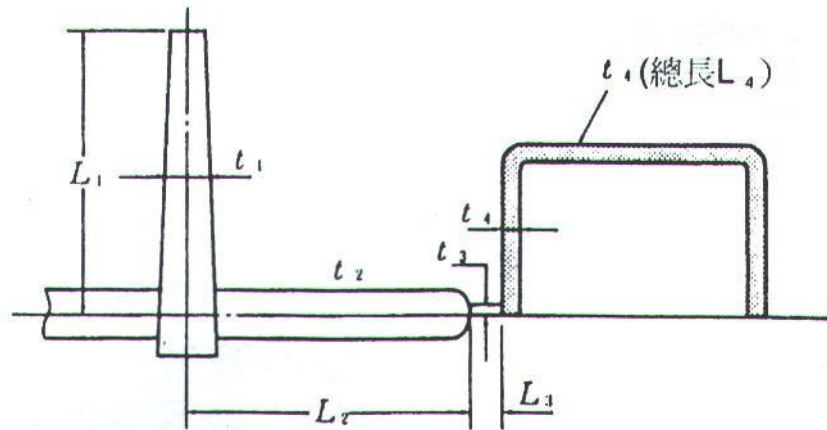
2004年12月

薄壁注塑对注塑机、模具、塑料均有要求。文章探讨薄壁的特性、经济效益及设备的设计。

何谓薄壁？

简单的看法，当壁厚小于 1 mm 时称为薄壁。更全面地，薄壁的定义与流程/壁厚比、塑料的粘度及传热系数均有关系。

从模具的主流道到成品最远一点的流程 L，除以成品的壁厚 t，称为流程/壁厚比。当 $L/t > 150$ 时，称之为薄壁。如流程的厚薄不一致，可分段计算如图 1 示。



$$\text{流長比 } L/t = L_1/t_1 + L_2/t_2 + L_3/t_3 + L_4/t_4$$

图 1 流程/壁厚比

PP 的粘度因数是 1。一次即弃饭盒的流程 135mm，壁厚 0.45 mm，流程/壁厚比=300。



图 2 饭盒

PC 的粘度因数是 2。手机电池外壳的流程 38 mm, t=0.25 mm, 流程/壁厚比=152。乘上粘度因数是 304, 与饭盒的相若。

一般塑料的导热不良。为了增加散热效果或达到电磁波兼容性, 一些外壳会采用高导热性的塑料。金属粉末亦属于高导热性的。

图 3 是注塑成品的冷却时间公式, 其中 t=壁厚, T_m=熔融温度, T_w=模壁温度, T=脱模温度, α=塑料传热系数。

$$t_c = \frac{t^2}{2\pi\alpha} \ln \left[\frac{4(T_m - T_w)}{\pi(T - T_w)} \right]$$

图 3 冷却公式

L/t 的定义要包括粘度因数及传热因数在内。

为何要薄壁注塑?

塑料的成本通常占了成品成本的一个大比数, 如 50-80%。薄壁有助降低这个比数。

由于消费性电子设备如手机、MP3 播放机、数码相机、掌上计算机的小型化及轻便化, 有关的塑件设计便越来越薄。

薄壁充填的本质

模壁是冷的, 在熔融充填模腔时, 模壁会成立固化层, 因而降低可流动通道的厚度。这个情况在壁厚越薄时越严重。

1 mm 壁厚有 0.2 mm 厚的固化层, 流动道通剩下 0.6 mm 厚。

0.5 mm 壁厚有 0.2 mm 厚的固化层, 流动道通剩下 0.1 mm 厚。

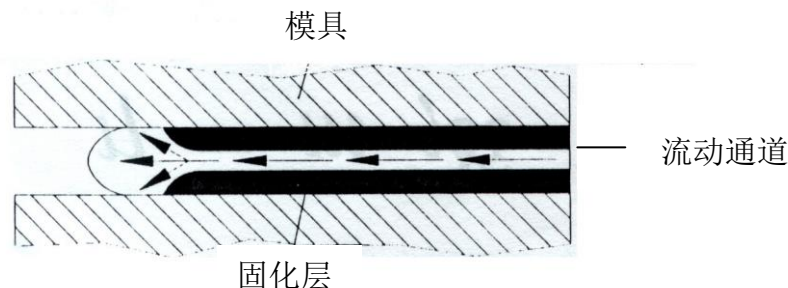


图 4 充填过程

当充填未完成, 流动通道因固化层过厚而消失的话, 成品便填不满。

高速充填

薄壁注塑因此要求注塑机高速注射，在固化层不太厚时填满模腔。

高的注射压力是不需要的。他只是弥补注射速度的不足，硬将熔融注入未填满的模腔。这不但增加了所需锁模力，高的内应力因此在成品里形成，在脱模后成品便变形。

通用注塑机的注射速度在 100 mm/s 左右，不能应付薄壁注塑。

加大油泵能将注射速度提高 25%。双泵注射则提高 70%。

有厂家采用再生注射，以注射压力换取注射速度。当初段注射不需要高的注射压力时合用。注射速度能提高 100%以上。

氮气瓶能将油泵的能量以压力的形式储存起来，在注射时释放，是正规的大幅提高注射速度的方法。以下将注射速度分为四类：

低速 200-300 mm/s

中速 300-600 mm/s

高速 600-1000 mm/s

超高速 1000-2000 mm/s

国产注塑机能达到中速档次。

氮气瓶

氮气瓶又称储能器。高压氮气储在橡胶囊内，而氮气瓶的剩余空间则充以高压的压力油。

在注射时，压力油释放出来。氮气瓶是个基本上恒压的瞬间大流量动力源。

氮气瓶只能提供瞬间的大流量，如 0.5 秒之谱，但对高速的薄壁注射是足够的。

氮气瓶越大，压力则越恒定，储存的压力油越多。

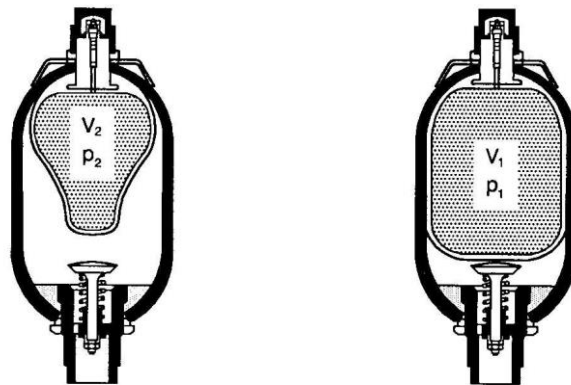


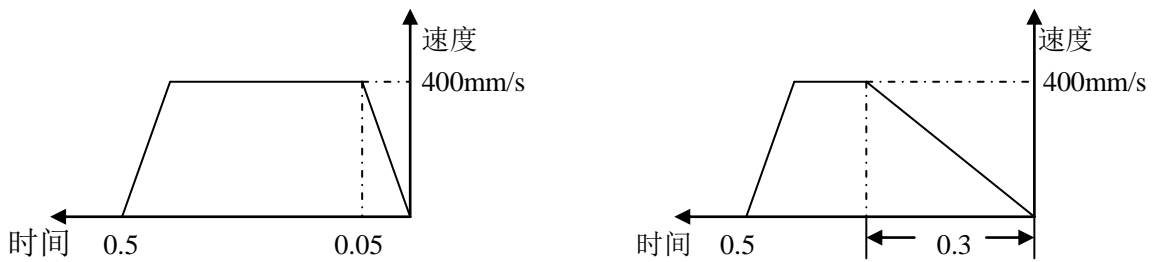
图 5 氮气瓶

低惯性注射

只是高速注射不能满足薄壁注射的所有要求。还要考虑的是高的加速及高的减速。

注射开始时，螺杆是静止的。从静止到全速，如 400 mm/s，螺杆要加速。如整个注射时

间只有 0.5 s，希望能在 0.05 s 便达到全速，加速率超过 8 G。相反，如加速时间需要 0.3 s，是不合适的。原因是平均速度被低的加速拉低了。



忽略熔融粘度阻力的话， $a=F/m$ 。a 是加速率，F 是推力，m 是质量。故薄壁注射还需要大的推力及小的质量。

时下的油压注塑机以双注射缸设计为主。注射时，注射后座及油马达亦往前走，质量不算低。顺带一提，常见的全电注塑机设计，在注射时，负责螺杆转动的电机亦是往前走的。

单注射缸的设计，油马达在注射时不动，只有螺杆及注射缸的活塞及活塞杆往前，质量便下降了许多。

高刚性油路

压力油是有弹性的，在讲究 0.05 s 加速时是要考虑的。大的油缸活塞面积、短的行程、短的油管均能降低弹性的影响。

能用硬管取代软管时，油路的刚性亦会提高。

伺服阀

伺服阀的反应比一般比例阀要快。它能在充填满模腔后转保压时发挥最大效用。反应不及时便会溢料，成品产生毛边。

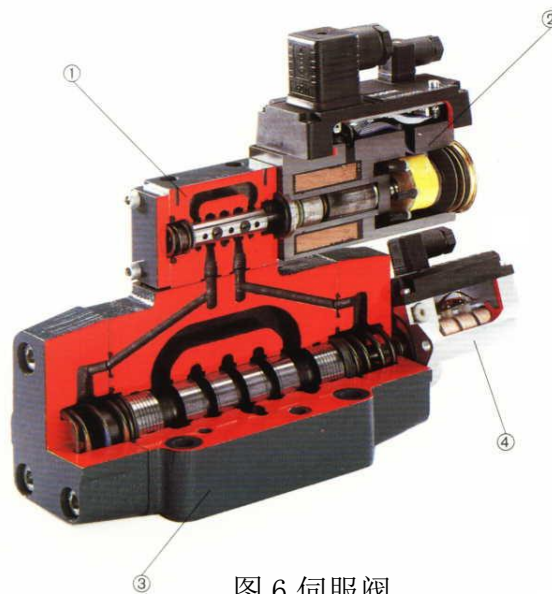


图 6 伺服阀

全闭环控制

伺服阀的采用，一般配合全闭环控制，可以做到注射速度、保压压力及背压压力的控制。全闭环控制监察有关的变量（速度或压力），与设置量有偏差时通知伺服阀更正。简单地说，全闭环控制提高了注塑的稳定性（重复性），降低废品率。

控制器

控制器，俗称电脑，要在模腔填满的瞬间发出注射完毕，转为保压的命令。当注射速度是 400 mm/s 而允许电子尺偏差是 0.1 mm 时，控制器只能有 0.25 ms 的偏差。要求控制器对注射电子尺每 0.1 ms 扫描一次。

如控制器采用“实时”控制，则不采用扫描，而在电子尺测出保压点已到时，产生中断，由控制器“即时”处理，亦能达到高稳定性的要求。

短注塑周期

一次性的饭盒、杯子、瓶盖等成品的量很大，售价很低，故还要兼顾生产效率。在此，四秒周期是一个有用的参考。

边开模边顶出可以节省约一秒的周期时间。

机械结构

要达到四秒的周期，模板的开合要快及稳定（不产生震动）。采用比例阀开合模有制动的功能。高刚性的机架亦有帮助。

模板的变型直接影响模腔的厚度。当壁厚是 0.5 mm 时，模板变型要控制在 0.05 mm 以下。故模板的刚性要高（适合的加强筋，适当的模板厚度），四柱空间不宜过大。

塑化能力

在四秒的周期内要做好塑化，要将螺杆的塑化能力提高或采用气动封咀来延长塑化时间。

双螺纹设计能提高塑化能力。

长的螺杆，长径比 24-25，能增加吸热面积，亦有效增加塑化。

特高的螺杆转速将螺杆表面速度提升到 1 m/s 以上，对常用的 PP 料是没有负面的影响。

气动封咀容许开合模时继续塑化，但注塑机要有两个动力源，如两个油泵才能达到。

模具

如注塑机的模板一样，模具的模板要厚，降低变型。

高速注塑要做好排气。足够的排气槽、采用透气模具钢及抽真空都是方法。

模具的加工精度要求很高，才能达到圆周或四壁的厚薄均匀。多腔模具的要求更高。

模具都设有顶出及吹风装置，使脱模后的成品加速坠落，马上合模。

塑料

要采用高流动性的塑料。PP 塑料的熔融指数 (MI) 有高达 60(g/10min) 的，如 Basell 的 Moplen RP1086。

很多成品采用 PS/ABS 的原因是要求 PC 的韧性及 ABS 的流动性，在薄壁注塑时亦宜采用。

Acc 机

达明近期推出的 TME110 Acc 及 ME150 Acc 机采用氮气瓶注射，注射速度达 400 mm/s。采用博世(Bosch)的伺服阀，欧美的控制器，长径比 24.3 的双螺纹螺杆，能边开模边顶出，在注塑 0.45 mm 壁厚的单腔饭盒及双腔饭盒盖时，周期只用 4 秒。



達明機器(東莞)有限公司
地址:東莞市大朗鎮松木山村
象山工業工业园嘉源路 8 号
電話: (0769) 8920 9288
傳真: (0769) 8920 9266
E-mail: kevintong@tatming.com.cn
Website: www.tatming.com.cn

達明科技有限公司
地址:香港新界葵涌和宜合道 63 號
麗晶中心 A 座 919 室
電話: (852) 2790 4633
傳真: (852) 2797 8774
E-mail: tatming@netvigator.com
Website: www.tatming.com.cn