

毕业设计说明书

题 目： 弯管接头注射成型工艺及模具设计

学 院： 机械工程学院

专 业： 材料成型及控制工程

学 号： XXXXXX

姓 名： XXX

指导老师： XXX

完成日期： 2011 年 5 月 20 日

目录

摘 要	I
Abstract	II
第一章 绪论	1
1.1 塑料成型在工业生产中的重要性	1
1.1.1 塑料及塑料工业的发展	1
1.1.2 塑料成型在工业生产中的重要作用	1
1.1.3 塑料成型技术的发展趋势	2
1.2 塑料模具的分类	2
第二章 塑件成型工艺分析	4
2.1 塑件分析	4
2.1.1 总体分析	4
2.1.2 脱模斜度	4
2.2 ABS 性能分析	5
2.2.1 使用性能	5
2.2.2 工艺性能	5
2.3 ABS 的注射成型过程及工艺参数	5
2.3.1 注射成型过程	5
2.3.2 注射工艺参数	6
第三章 模具结构形式的拟定	7
3.1 分型面的确定	7
3.1.1 分型面的形式	7
3.1.2 分型面的选择原则	7
3.1.3 本设计分型面的选择	7
3.2 型腔数目和模具结构形式的确定	8
3.2.1 型腔数目的确定	8
3.2.2 模具结构形式的确定	8
3.3 注射机型号的确定	8
3.3.1 注射量的计算	8
3.3.2 浇注系统凝料体积的初步估算	8
3.3.3 注射机的选择	8
3.3.4 注射机相关参数校核	9
第四章 浇注系统、冷却系统和排气系统的设计	11
4.1 浇注系统设计原则	11
4.2 主流道设计	11
4.2.1 主流道尺寸	12

4.2.2 主流道的凝料体积.....	12
4.2.3 主流道当量半径	12
4.2.4 主流道浇口套的形式	12
4.3 分流道设计	13
4.3.1 分流道设计原则	13
4.3.2 分流道的布置形式.....	13
4.3.3 分流道相应参数的确定.....	14
4.3.4 校核剪切速率.....	14
4.4 浇口的设计.....	15
4.4.1 浇口形式及尺寸确定	15
4.4.2 侧浇口剪切速率的校核.....	15
4.5 校核主流道的剪切速率.....	16
4.6 冷料穴的设计与计算	17
4.7 温度调节系统	17
4.8 排气系统	17
第五章 成型零件的结构设计及计算	18
5.1 成型零件的结构设计	18
5.1.1 型腔的结构设计	18
5.1.2 型芯的结构设计	18
5.2 成型零件材料的选用	18
5.3 成型零件工作尺寸的计算	18
5.3.1 型腔尺寸计算.....	18
5.3.2 侧抽芯凸模尺寸计算	19
第六章 模架组合的选择.....	21
6.1 决定模板尺寸的因素	21
6.2 模架的选择.....	21
第七章 合模导向机构的设计	22
第八章 脱模推出机构的设计	24
8.1 推出方式的确定.....	24
8.2 推出位置、推杆数量和断面形状的设计	24
8.3 推杆复位装置	24
第九章 侧向分型与侧抽芯机构的设计	25
9.1 抽芯距与抽芯力的计算.....	25
9.1.1 抽芯距的计算.....	25
9.1.2 抽芯力的计算.....	25
9.2 斜导柱的侧向分型与侧抽芯机构的设计要点.....	26
9.2.1 斜导柱的设计	26
9.2.2 滑块的设计	28

9.2.3 楔紧块的设计.....	29
第十章 模具总装配图的绘制.....	31
参考文献.....	32
致 谢.....	33
附件：英语论文翻译.....	34

弯管接头注射成型工艺及模具设计

XXX

XXXX 机械工程学院 x 级材料成型及控制工程 x 班

摘 要：

塑料工业是当今世界上增长最快的工业门类之一，而注塑模具是其中发展较快的种类，因此，研究注塑模具对了解塑料产品的生产过程和提高产品质量有很大意义。

本设计介绍了注射成型的基本原理，特别是单分型面注射模具的结构与工作原理，对注塑产品提出了基本的设计原则；详细介绍了冷流道注射模具浇注系统、温度调节系统和顶出系统的设计过程。弯管接头具有两个方向的侧向抽芯。本设计分析了弯管接头的成型工艺，确定了工艺方案，介绍了模具结构和主要模具零部件的设计，分析了本模具结构及产品质量上的可行性及可靠性。

关键词： 弯管接头；注射模；成型工艺；侧向抽芯

Design of Injection Mould for Elbow Joint

xx

Class x, Material Processing and Controlling Engineering, School of Mechanical Engineering, xx
University. Xx, xx, xx Province, P.R.CHINA

Abstract:

Now The plastic industry is one of the quickest developing industry classes in the world, and the injection mould is one of the developing type. Therefore, there is great significance to study the injection mould to understand that the plastic of production process and improve the product quality.

The basic principle of injection molding, specially the operating principle and the structure of the single-parting-surface injection mould is introduced. The design of the runner system, temperature control system and the ejection is introduced in detail. The technology for forming the elbow joint is analyzed and a better technics is decided .The elbow joint has two side core-pulling in different directions. The structure of the mould and the designing of the main parts are introduced. The feasibility and reliability in mould structure are discussed to guarantee the quality of the product.

Keywords: elbow joint; injection mould; forming process; side core-pulling

第一章 绪论

1.1 塑料成型在工业生产中的重要性

1.1.1 塑料及塑料工业的发展

塑料是以树脂为主要成分的高分子有机化合物，简称高聚物。塑料其余成分包括增塑剂、稳定剂、增强剂、固化剂、填料及其他配合剂。

塑料制件在工业中应用日趋普遍，这是由于它的一系列特殊的优点决定的。塑料密度小、质量轻，比强度高，绝缘性能好，介电损耗低，是电子工业不可缺少的原材料；塑料的化学稳定性高，对酸、碱和许多化学药品都有很好的耐腐蚀能力；塑料还有很好的减摩、耐磨及减震、隔音性能也较好。因此，塑料跻身于金属、纤维材料和硅酸盐三大传统材料之列，在国民经济中，塑料制件已成为各行各业不可缺少的重要材料之一。

塑料工业的发展阶段大致分为以下几个阶段：

- 1、 初创阶段：30 年代以前，科学家研制酚醛、硝酸纤维和聚酰胺等热塑料，它们的工业化特征是采用间歇法、小批量生产。
- 2、 发展阶段：30 年代，低密度聚乙烯、聚氯乙烯等塑料的工业化生产，奠定了塑料工业的基础，为其进一步发展开辟了道路。
- 3、 飞越阶段：50 年代中期到 60 年代末，塑料的产量和数量不断增加，成型技术更趋于完善。
- 4、 稳定增长阶段：70 年代以来，通过共聚、交联、共混、复合、增强、填充和发泡等方法来改进塑料性能，提高产品质量，扩大应用领域，生产技术更趋合理。塑料工业向着自动化、连续化、产品系列化，以及不拓宽功能性和塑料的新领域发展。

我国塑料工业发展较晚。50 年代末，由于万吨级聚氯乙烯装置的投产和 70 年代中期引进石油化工装置的建成投产，使塑料工业有了两次的跃进，与此同时，塑料成型加工机械和工艺方法也得到了迅速的发展，各种加工工艺都已经齐全。

塑料由于其不断的被开发和应用，加之成型工艺的不断成熟与完善，极大地促进了成型模具的开发与制造。随着工业塑料制件和日用塑料制件的品种和需求的日益增加，而且产品的更新换代周期也越来越短，对塑料的产量和质量提出了越来越高的要求。

1.1.2 塑料成型在工业生产中的重要作用

模具是工业生产中重要的工艺装备，模具工业是国民经济各部门发展的重要基础之一。塑料模具是指用于成型塑料制件的模具，它是型腔模的一种类型。

模具设计水平的高低、加工设备的好坏、制造力量的强弱、模具质量的好坏，直接

影响着许多新产品的开发和老产品的更新换代，影响着产品质量和经济效益的提高。美国工业界认为“模具工业是美国工业的基础”，日本则称“模具是促进社会繁荣富裕的劳动力”。

近年来，我国各行业对模具的发展都非常重视。1989 年，国务院颁布了“当前产业政策要点的决定”，在重点支持改造的产业、产品中，把模具制造列为机械技术改造序列的第一位，它确定了模具工业在国民经济中的重要地位，也提出了振兴模具工业的主要任务。

1.1.3 塑料成型技术的发展趋势

一副好的塑料模具与模具的设计、模具材料及模具制造有很大的关系。塑料成型技术发展趋势可以简单地归纳为以下几个方面：

- 1、 模具的标准化 为了是应大规模成批生产塑料成型模具和缩短模具制造周期的需要，模具的标准化工作十分重要，目前我国标准化程度达到 30%以上。注射模具零部件、模具技术条件和标准模架等有 14 个标准。当前的任务是重点研究开发热流道标准元件和模具温控标准装置；精密标准模架、精密导向件系列；标准模板及模具标准件的先进技术和等向标准化模块等；
- 2、 加强理论研究；
- 3、 塑料制件的精密化、微型化和超大型化；
- 4、 新材料、新技术、新工艺的研制、开发和应用。

各种新材料的研制和应用，模具加工技术的革新，CAD/CAM/CAE 技术的应用都是模具设计制造的发展趋势。

1.2 塑料模具的分类

不同的塑料成型方法采用原理和结构特点各不相同的成型模具，塑料模具的分类方法有很多，按照塑料制件的成型方法不同可以分为一下几类：

①注塑成型模具

又称注射成型模具，主要用于热塑性塑料制品的成型，但近年来也越来越多地用于热固性塑料成型。注塑成型在塑料制件成型中占有很大比重，世界塑料成型模具产量中约有半数以上为注塑模具。

②压塑成型模具

压塑成型模具简称压模。压塑成型模具多用于成型热固性塑料的压模，也有用来成型热塑性塑料的热挤冷压模具。另外还有一类不加热的冷压成型模具，用于成型聚四氟乙烯坯件。

③传递成型模具

传递模具多用于热固性塑料的成型。

④挤塑成型模具

挤塑成型模具包括挤出机头和定型模两部分。用于生产出具有所需断面形状连续型材。

⑤中空制品吹塑成型模具

用挤塑的方法生产管坯的叫挤吹模具，用注塑方法生产管坯的叫注吹模具，注吹中，在吹胀前的瞬间先进行轴向拉伸的叫注拉吹模具，产品的性能和尺寸精度因上述方法不同而有很大差异。

⑥热成型模具

热成型模具又名真空或压缩空气成型模具，它是一单独的阴模或阳模。此种成型方法，模具受力较小，强度要求不高，甚至可用非金属材料制作，但为了取得较高的生产效率，模具的导热性很重要，铝合金模具得到了广泛的应用。

除了上面所列举的集中塑料模具外，尚有搪塑成型模具、反应注塑成型模具、泡沫塑料成型模具、玻璃纤维增强塑料低压成型模具等。

第二章 塑件成型工艺分析

2.1 塑件分析

2.1.1 总体分析

该塑件如图 2-1 所示，材料为 ABS，流动性能为中等，溢料间隙为 0.05mm，塑件最大壁厚为 4mm，最小壁厚为 1.5mm，未注圆角为 R3mm，精度等级为 SJ1372-78 中 4 级精度，属于中等精度塑件。经分析，该塑件可用注塑成型，但模具设计时应考虑两个方向的侧抽芯问题。

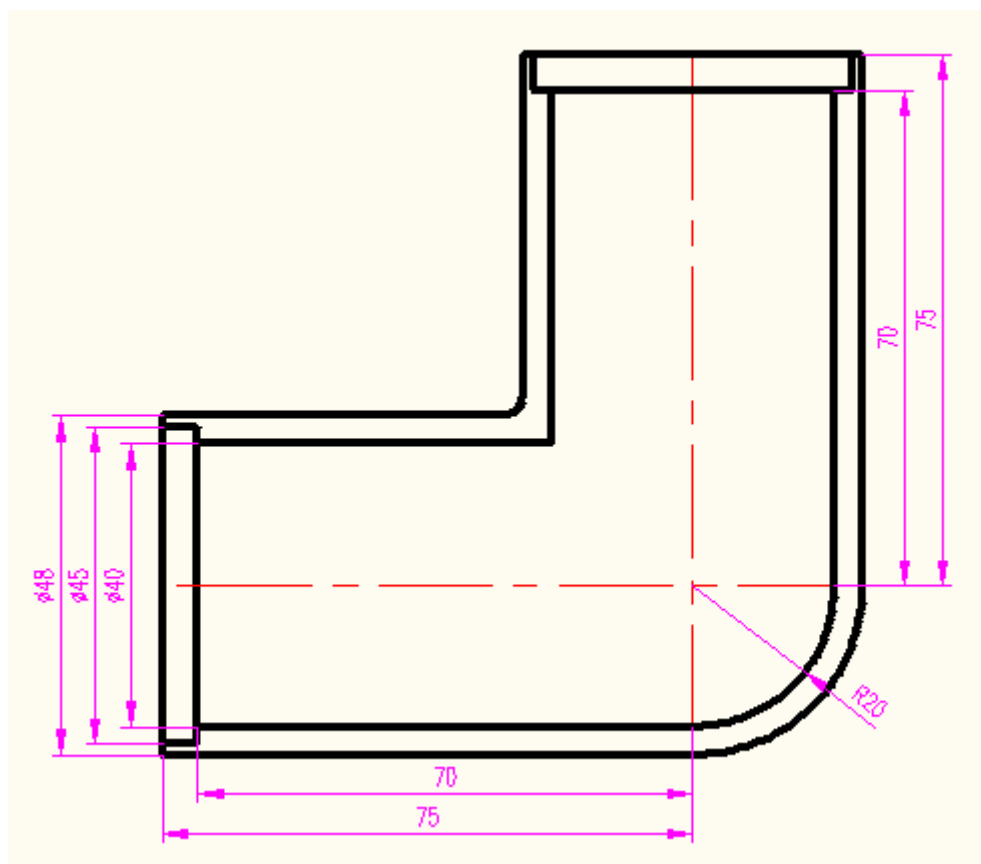


图 2-1 弯管接头

2.1.2 脱模斜度

ABS 属于非结晶型热塑性塑料，其成型收缩率较低，一般介于 0.4%~0.7%，结合该塑件的特点，不需要设计脱模斜度。

2.2 ABS 性能分析

2.2.1 使用性能

ABS 是树脂的刚性与橡胶的弹性相结合的一种广泛使用的工程材料，它不仅具有韧、硬、刚相均衡的优良力学性能，而且耐化学药品性好、尺寸稳定性好、表面光泽度高，且原料丰富。广泛用于机械、电器零件、办公用品、日用品等各个领域。

2.2.2 工艺性能

- ① ABS 属于无定型聚合物，无明显熔点。ABS 熔融温度为 $217\sim 237^{\circ}\text{C}$ ，分解温度大于 270°C 。注射用的熔体指数范围为 $0.5\sim 15$ 。
- ② ABS 熔体粘度高，流动性较差，但是流动性比 PVC，PC 要好，熔体粘度比 PE，PS，PA 要大。熔体冷却固化速度也较快。
- ③ ABS 热稳定性不太好，注射成型结束后应用机筒清洗剂清理料筒。由于丁二烯含有双键，所以 ABS 耐气性差，尤其是紫外线可引起 ABS 变色。
- ④ ABS 对温度剪切速率都比较敏感，温度提高、注射压力提高之后，熔体表面粘度下降，流动性增加。
- ⑤ ABS 为极性大分子，有吸湿倾向。成型加工前务必进行干燥。树脂水分控制在 0.3% 以下，一般用热风干燥法除去水分。树脂颗粒层厚度为 $10\text{mm}\sim 30\text{mm}$ 时， $80^{\circ}\text{C}\sim 90^{\circ}\text{C}$ 干燥 $2\sim 3$ 小时。树脂湿度大，制品又复杂则可于 $70^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ 干燥 $18\sim 24$ 小时才能取得良好效果。
- ⑥ ABS 成型收缩率较低，一般介于 $0.4\%\sim 0.7\%$ 之间。

2.3 ABS 的注射成型过程及工艺参数

2.3.1 注射成型过程

① 成型前准备 成型前应检验 ABS 的色泽、粒度和均匀度等并进行干燥处理，用专用的清洗剂清洗料筒，在模具上涂脱模剂以帮助脱模。

由于 ABS 具有吸湿性，在注射成型之前要进行干燥。建议干燥条件： $80\sim 90^{\circ}\text{C}$ 下最少干燥 2h ，且材料温度波动应保证小于 0.1% 。

② 注射过程 塑料原料在注射机料筒内经过加热塑化到粘流状态后，由模具的浇注系统进入模具型腔，其注射过程可分为原料的塑化、填充、保压、倒流、冷却定型五个阶段。

③ 塑件的后处理 一般制品要求不太高时可不作热处理。对于要求较高的制品在循

环热风下处理 2~4 小时，温度 70℃，然后缓慢冷却到室温。本产品由于要求不太高，可不进行热处理。

2.3.2 注射工艺参数

- ① 注射机：采用螺杆式注射机，螺杆结构特征为单头、全螺纹、等距、压缩突变型，螺杆端部不带止回环。螺杆长度比为 18~20: 1。喷嘴选用通用型延伸式，喷嘴孔直径 4~5mm 或 6~8mm。制品质量一般为最大注射量的 50%~75%。
- ② 料筒温度：后段 150℃~170℃，中段 165℃~180℃，前段 180℃~220℃。
- ③ 喷嘴温度：220℃。
- ④ 模具温度：60℃~70℃。模具温度对提高 ABS 制品表面质量、减小内应力有着重要的作用。但是提高模具温度，制品收缩率增大，成型周期延长。
- ⑤ 注射压力：50~100MPa。
- ⑥ 保压压力：60~70MPa。
- ⑦ 注射速度和螺杆转速：注射速度对 ABS 熔体流动性有一定的影响，但不太大。注射速度快，冲模速度快，摩擦热提高，容易出现排气不良，表面粗糙度不好，力学性能也教低。冲模速度慢，制品会产生熔接不良，制品表面出现波纹。一般情况下宜用高压低速冲模。螺杆转速通常小于 70r/min，可在 30~40r/min 之间选择。
- ⑧ 成型周期：总周期 40~120s，注射时间 5~30s，保压时间 0~5s，冷却时间 20~60s。

第三章 模具结构形式的拟定

3.1 分型面的确定

3.1.1 分型面的形式

分开模具取出塑件的面,统称为分型面。注射模有一个分型面和多个分型面的模具。分型面的位置有垂直于开模方向、平行于开模方向以及倾斜于开模方向几种。分型面的形式与塑件的几何形状、脱模方式、模具类型及排气条件等有关,常见的形式有:水平分型面、垂直分型面、斜分型面、阶梯分型面和平面、曲面分型面。

3.1.2 分型面的选择原则

分型面设计得是否得当,对制件质量、操作难易、模具结构复杂性有很大影响,主要应考虑以下几点:

- 1) 符合塑件脱模的基本要求,就是能使塑件从模具中取出,分型面应设在脱模方向端面投影轮廓最大的部位;
- 2) 因为分型面处不可避免的会在塑件上留下溢料痕迹,或拼合不准确的痕迹,故分型面最好不选在制品光亮平滑的外表或圆弧的转角处;
- 3) 从制件的推出装置设置方便考虑,分型时要尽可能地使制件留在动模边;
- 4) 从保证制件相关部位的同心度出发,同心度要求高的塑件,取分型面时最好把要求同心的部分放在模具分型面的同一侧;
- 5) 有侧凹或侧孔的制件,取分型面时应首先考虑将抽芯或分型距离长的一边放在动、定模开模方向是上,而将短的一边作为侧向分型或抽芯;
- 6) 对有顶出机构的模具,采取动模边侧向分型抽芯,模具结构较简单,能获得的抽拔距离也比较长,故选分型面时应优先考虑把制件的侧凹或侧孔放在动模;
- 7) 当分型面作为主要排气面时,料流末端应在分型面上以利排气;
- 8) 分型面应保证塑件的精度要求;
- 9) 分型面应力求简单使用并易于加工;
- 10) 型面应考虑主分型面和侧向分型面的协调。

3.1.3 本设计分型面的选择

通过对塑件结构形式的分析,同时根据以上分型面的选择原则综合考虑,决定将分型面选在塑件最大截面处,以利于塑件的取出。

3.2 型腔数目和模具结构形式的确定

3.2.1 型腔数目的确定

由于该塑件存在两个方向的侧向抽芯，故不适用于一模多腔的结构形式。因此选用一模一腔结构。

3.2.2 模具结构形式的确定

由以上分析可知，本模具设计为一模一腔结构，根据塑件的结构特点，推出机构采用推杆推出。浇注系统设计时，浇口采用两个侧浇口且设在分型面上。因此，定模部分不需要单独开设分型面取出凝料。由上述分析可确定选用单分型面横向分型抽芯注射模具。

3.3 注射机型号的确定

3.3.1 注射量的计算

1) 塑件的体积估算

$$\begin{aligned} V_{\text{塑}} &\approx 2 \times V_1 + 2 \times V_2 \\ &= 2 \times \frac{\pi}{4} \times (48^2 - 45^2) \times 2.5 + 2 \times \frac{\pi}{4} \times (48^2 - 40^2) \times 140 \\ &\approx 155913(\text{mm}^3) \approx 155.9\text{cm}^3 \end{aligned}$$

2) 塑件质量 m 的计算

ABS 的密度为 $\rho = 1.04 \sim 1.06 \text{ g/cm}^3$ ，取 $\rho = 1.05 \text{ g/cm}^3$ 。

则质量 $m = \rho V = 1.05 \times 155.9 \approx 163.7\text{g}$ 。

3.3.2 浇注系统凝料体积的初步估算

虽然设计之前难以确定浇注系统凝料的准确数值，单可以根据经验按照塑件体积的 0.2~1 倍来估算。由于本次采用流道简单并且较短，因此浇注系统凝料按塑件体积的 0.2 倍来估算，即 $V_j \approx 31.1\text{cm}^3$ 。

3.3.3 注射机的选择

注射机的最大注射容量 $V_{\text{注}} \geq (V_{\text{塑}} + V_j) / 0.8 \approx (155.9 + 31.1) / 0.8 = 233.75\text{cm}^3$

式中 $V_{\text{注}}$ ——注射机最大注射容量， cm^3 ；

$V_{\text{塑}}$ ——成型塑件体积， cm^3 ；

V_j ——浇注系统凝料体积， cm^3 ；

0.8——最大注射容量的利用系数。

故取 $V_{\text{公称}} = 250\text{cm}^3$ 。查表得，选注射机型号为 SZ-250-1250 卧式注射机。其主要技术参数见表 3-1：

表 3-1 SZ-250-1250 卧式注射机主要技术参数

理论注射量/ cm^3	270	移模行程/mm	360
螺杆直径/mm	45	最大模具厚度/mm	550
注射压力/MPa	160	最小模具厚度/mm	150
注射速率/ $\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$	110	锁模形式	双曲肘
塑化能力/ $\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$	18.9	模具定位孔直径/mm	$\Phi 160$
螺杆转速/ $\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	10~200	喷嘴球半径/mm	SR15
锁模力/KN	1250	喷嘴口径/mm	$\phi 4$
拉杆内间距/mm	415×415	—	—

3.3.4 注射机相关参数校核

① 注射压力校核

由 ABS 相关性能参数可得，ABS 所需注射压力为 50~100MPa，取 $p_0 = 75\text{MPa}$ ，该注射机的公称压力 $p_{\text{公}} = 160\text{MPa}$ ，注射压力安全系数 $k_1 = 1.25 \sim 1.4$ ，取 $k_1 = 1.3$ ，则：
 $k_1 p_0 = 1.3 \times 75 = 97.5\text{MPa} \leq p_{\text{公}}$ ，所以所选注射机压力合适。

② 锁模力校核

1) 塑件在分型面上投影面积 $A_{\text{塑}}$ ： $A_{\text{塑}} \approx 99^2 - 51^2 = 7200\text{mm}^2$ 。

2) 浇注系统在分型面上的投影面积 $A_{\text{浇}}$ ：

即流道凝料（包括浇口）在分型面上的投影面积。按照 $A_{\text{浇}}$ 是每个塑件在分型面上的投影面积的 0.2~0.5 倍。由于本次设计流道简单，分流道相对较短，因此流道凝料投影面积可以适当取小一点，取 $A_{\text{浇}} = 0.2A_{\text{塑}}$ 。

3) 塑件和浇注系统在分型面上的总投影面积 $A_{\text{总}}$ ：

$$A_{\text{总}} = A_{\text{浇}} + A_{\text{塑}} = 7200 + 0.2 \times 7200 = 8640\text{mm}^2。$$

4) 模具型腔内的胀型力 $F_{\text{胀}}$ ： $F_{\text{胀}} = A_{\text{总}} p_{\text{模}} = 8640 \times 36 = 311.04\text{KN}$

式中 $p_{\text{模}}$ 是型腔的平均压力值，通常取注射压力的 20%~40%。对于粘度较大的塑料制品应取大值，ABS 属于中等粘度的塑料，故取 36MPa。

查表 3-1，可得该注射机的公称锁模力 $F_{\text{锁}} = 1250\text{MPa}$ ，锁模力的安全系数为 $k_2 = 1.1 \sim 1.2$ ，取 $k_2 = 1.2$ ，则

$$k_2 F_{\text{胀}} = 1.2 F_{\text{胀}} = 1.2 \times 311.04 \approx 373.25 < F_{\text{锁}}$$
，所以该注射机锁模力合适。

③ 开模行程与推出机构的校核

开模行程是指从模具中取出塑料所需要的最小开合距离，用 H 表示，它必须小于注射机移动模板的最大行程 S 。由于注射机的锁模机构不同，开模行程可按以下两种情况进行校核：一种是开模行程与模具厚度无关；二种是开模行程与模具厚度有关。我们这里选用的是开模行程与模具厚度无关，且是单分型面注射模具。

(1) 开模行程与模具厚度无关时

这种情况主要是指锁模机构为液压-肘杆式注射机，其模板行程是由连杆机构的最大冲程决定的，而与模具厚度是无关的。此情况有两种类型：

- a. 单分型面注射模，所需开模行程 H 为： $S \geq H = H_1 + H_2 + (5 \sim 10)mm$

式中 H_1 ——塑件推出距离（也可以取凸模的高度）（mm）；

H_2 ——包括浇注系统在内的塑件高度（mm）；

S ——注射机移动板最大行程（mm）；

H ——所需要开模行程（mm）。

而我们这里通过分析、计算、查阅相关资料可得出： H 小于注射机的最大开模行程 360mm，符合要求。

- b. 对双分型面注射模，所需开模行程为： $S \geq H = H_1 + H_2 + a + (5 \sim 10)mm$

式中 a ——中间板与定模的分开距离（mm）这里不作讨论。

(2) 推出机构的校核

各种型号注射机的推出装置和最大推出距离各不同，设计模具时，推出机构应与注射机相适应，具体可查资料。

第四章 浇注系统、冷却系统和排气系统的设计

4.1 浇注系统设计原则

浇注系统设计是注射模设计的一个重要环节，它对注射成型周期和塑件质量（如外观、物理性能、尺寸精度等）都有直接影响，设计时须遵循如下原则。

- 1) 重点考虑型腔布局 包括以下三点：
 - a. 尽可能采用平衡式布置，以便设置平衡式分流道。
 - b. 型腔布置和浇口开设部位力求对称，防止模具承受偏载而产生溢料现象。
 - c. 型腔排列要尽可能紧凑，以减小模具外形尺寸。
- 2) 热量及压力损失要减小 为此浇注系统流程应尽量短，截面尺寸应尽可能大，弯折尽量少，表面粗糙度要低。
- 3) 均衡进料 尽可能使塑料熔体在同一时间内进入各个型腔的深处及角落，即分流道尽可能采用平衡式布置。
- 4) 塑料耗量要少 在满足各型腔充满的前提下，浇注系统容积尽量小，以减少塑料的耗量。
- 5) 消除冷料 浇注系统应能收集温度较低的“冷料”，防止其进入型腔，影响塑件质量。
- 6) 排气良好 浇注系统应能顺利地引导塑料熔体充满型腔各个角落，使型腔的气体能顺利排出。
- 7) 防止塑件出现缺陷 避免熔体出现填充不足或塑件出现气孔、缩孔、残余应力、翘曲变形或尺寸偏差过大以及塑料流将嵌件冲压位移或变形等各种成型不良现象。
- 8) 塑件外观质量 根据塑件大小、形状及技术要求，做到去除修整浇口方便，浇口痕迹无损塑件的美观和使用。
- 9) 生产效率 尽可能使塑件不进行或少进行后加工，成型周期短，效率高。
- 10) 塑料熔体流动特性 大多数热塑性塑料熔体的假塑性行为，应予以充分利用。

4.2 主流道设计

主流道通常位于模具中心塑料熔体的入口处，它将注射机喷嘴注射出的熔体导入分流道或型腔中。主流道的形状为圆锥形，以便熔体的流动和开模时主流道凝料的顺利拔出。主流道的尺寸直接影响到熔体的流动速度和充模时间。另外，由于其与高温熔体及注射机喷嘴反复接触，因此设计中常设计成可拆卸更换的浇口套。

4.2.1 主流道尺寸

1) 主流道长度

小型模具 $L_{\text{主}}$ 应尽量小于 60mm ，本次设计中初取 50mm 进行设计。

2) 主流道小端直径

$$d = \text{注射机喷嘴尺寸} + (0.5 \sim 1) \text{ mm} = (4 + 0.5)\text{mm} = 4.5\text{mm}。$$

3) 主流道大端直径

$$d' = d + 2L_{\text{主}} \tan \alpha = 4.5 + 2 \times 50 \times \tan 4^\circ \approx 11.5\text{mm}，\text{式中 } \alpha = 4^\circ。$$

4) 主流道球面半径

$$SR_0 = \text{注射机喷嘴球头半径} + (1 \sim 2) \text{ mm} = (15 + 2)\text{mm} = 17\text{mm}。$$

5) 球面的配合高度

取 $h = 3\text{mm}$ 。

4.2.2 主流道的凝料体积

$$\begin{aligned} V_{\text{主}} &= \frac{\pi}{3} L_{\text{主}} (R_{\text{主}}^2 + r_{\text{主}}^2 + R_{\text{主}} r_{\text{主}}) \\ &= \frac{3.14}{3} \times 50 \times (5.75^2 + 2.25^2 + 5.75 \times 2.25) \text{ mm}^3 \\ &= 2673.6\text{mm}^3 \approx 2.7\text{cm}^3。 \end{aligned}$$

4.2.3 主流道当量半径

$$R_n = \frac{5.75 + 2.25}{2} \text{ mm} = 4\text{mm}。$$

4.2.4 主流道浇口套的形式

主流道衬套为标准件可选购。主流道小端入口处与注射机喷嘴反复接触，易磨损，对材料要求较严格，因而尽管小型注射模可以将主流道浇口与定位圈设计成一个整体，但考虑上述因素通常仍然将其分开来设计，以便于拆卸更换。同时，也便于选用优质钢材进行单独加工和热处理。设计中常采用碳素工具钢（T8A 或 T10A），热处理淬火表面硬度为 $50 \sim 55\text{HRC}$ ，如图 4-1 所示。

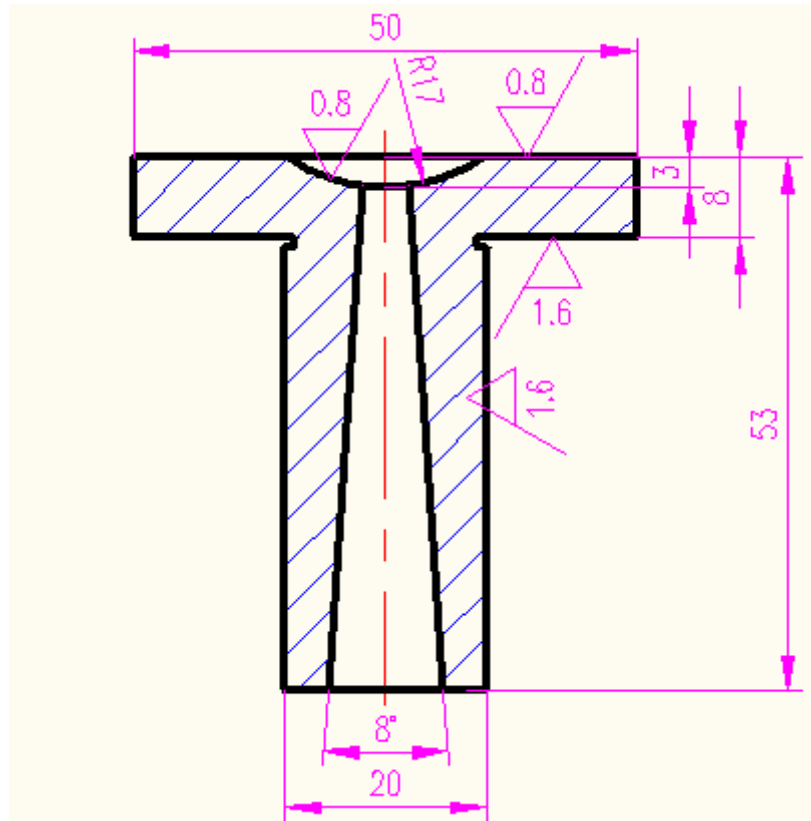


图 4-1 浇口套

4.3 分流道设计

4.3.1 分流道设计原则

- 1) 塑料流经分流道时的压力损失及温度随时要小；
- 2) 分流道的固化时间应稍后于制品的固化时间，以利于压力的传递及保压；
- 3) 保证塑料迅速而均匀地进入各型腔；
- 4) 在满足注射成型工艺的前提下，分流道的长度应尽可能短，截面积应尽量小，其容积要小；
- 5) 要便于加工和刀具选择且布置时应留出冷却水的空间。
- 6) 分流道和型腔的分布原则是排列紧凑，间距合理，应采用轴对称，使其平衡，尽量缩小成型区域的总面积等等。

4.3.2 分流道的布置形式

根据上面的设计原则，考虑尽量减小在分流道内的压力损失和尽可能避免熔体温度降低，同时还要考虑减小分流道的容积和压力平衡，再结合塑件的结构特点，采用一模一腔双浇口形式。

4.3.3 分流道相应参数的确定

1) 分流道的长度

由于流道设计简单，根据型腔的结构设计，分流道较短，故设计时分流道设计应适当选小一些。分流道长度取 $L_{\text{分}} = 2 \times 10 = 20\text{mm}$ 。

2) 分流道的界面形状及尺寸

常用的分流道的界面形状有圆形、梯形、U形和六角形等。流道的截面积越大，压力的损失越小；流道的表面积越小，热量的损失越少。分流道的形状及尺寸与塑件的体积、壁厚、形状的复杂程度、注射速率等因素有关。该塑件的体积不大，形状不算复杂，且壁厚均匀，缩短分流道长度，有利于塑件的成型和外观质量的保证。本设计中从便于加工的方面考虑，采用界面形状为半圆形的分流道。查有关手册得， $R=3.5\text{mm}$ 。如图 4-2 所示。

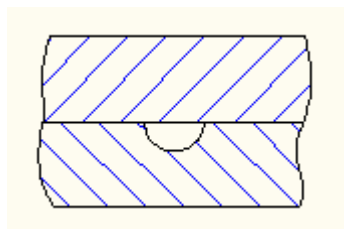


图 4-2 分流道界面形状

3) 凝料体积计算

$$\text{分流道截面积 } A_{\text{分}} = 2\pi R^2 = 2\pi \times 3.5^2 \approx 77\text{mm}^2$$

$$\text{凝料体积 } V_{\text{分}} = L_{\text{分}} A_{\text{分}} = 20 \times 77 = 1540\text{mm}^3 = 1.54\text{cm}^3$$

4) 分流道的表面粗糙度和脱模斜度

为了使分流道对塑料流动阻力较小，表面粗糙度要求较高，一般分流道表面粗糙度 Ra 值取 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。另外，此处由于使用的是半圆形截面的分流道，不需要另外设置脱模斜度。

4.3.4 校核剪切速率

(1) 确定注射时间： 注射时间，查表可取 $t = 2\text{s}$ 。

(2) 计算分流道体积流量：

$$\text{分流道体积流量 } q_{\text{分}} = \frac{V_{\text{分}} + V_{\text{塑}}}{t} = \frac{1.54 + 155.9}{2} \text{cm}^3/\text{s} \approx 78.72\text{cm}^3/\text{s}。$$

(3) 剪切速率：

$$\text{剪切速率 } \dot{\gamma}_{\text{分}} = \frac{3.3q_{\text{分}}}{\pi R_{\text{分}}^3} = \frac{3.3 \times 78.72}{\pi \times 3.5^3} \approx 1.93 \text{ s}^{-1}$$

该分流道的剪切速率处于浇口主流道与分流道的最佳剪切速率 $5 \times 10^2 \text{ s}^{-1} \sim 5 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ 之间，所以分流道内熔体的剪切速率合格。

4.4 浇口的设计

该塑件要求不允许有裂纹和变形缺陷，表面质量要求较高，采用一模一腔注射，为便于调整充模时的剪切速率和封闭时间，因此采用侧浇口。开设在分型面上，从型腔的边缘进料。其浇口优点是：便于机械加工，易保证加工精度，而且试模时浇口的尺寸容易修整，适于各种塑料品种，其最大的特点是可以分别调整充模时的剪切速率和浇口封闭时间。

4.4.1 浇口形式及尺寸确定

采用矩形侧浇口，查《新编塑料模具设计手册》表 3-44 得，塑件壁厚为 4mm（介于 3.2~6.4mm 之间），其浇口尺寸深度 $h = 2.2 \sim 2.4 \text{ mm}$ ，宽度 $b = 3.3 \sim 6.4 \text{ mm}$ 。这里由于塑件形状较简单，可选取较小值，以便在今后试模时发现问题进行修模处理， $h = 2.2 \text{ mm}$ ， $b = 3.3 \text{ mm}$ ， $l = 1 \text{ mm}$ 。

4.4.2 侧浇口剪切速率的校核

① 计算浇口的当量直径

有面积相等可得 $\pi R_{\text{浇}}^2 = bh$ ，由此可得矩形浇口的当量半径 $R_{\text{浇}} = \left(\frac{bh}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}$ ，代入数据

$$\text{得： } R_{\text{浇}} = \left(\frac{bh}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{3.3 \times 2.2}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}} \approx 1.52 \text{ mm}$$

② 校核浇口的剪切速率

i. 确定注射时间：

注射时间由以上可知，取 $t = 2 \text{ s}$ 。

ii. 计算浇口的体积流量：

$$\text{浇口的体积流量 } q_{\text{浇}} = \frac{V_{\text{塑}}}{t} = \frac{155.9}{2} = 77.95 \text{ cm}^3 / \text{s} \approx 7.80 \times 10^4 \text{ mm}^3 / \text{s}。$$

iii. 计算浇口的剪切速率：

$$\dot{\gamma}_{\text{浇}} = \frac{3.3q_{\text{浇}}}{\pi R_{\text{浇}}^3} = \frac{3.3 \times 7.80 \times 10^4}{\pi \times (1.52)^2} \text{s}^{-1} = 3.5 \times 10^4 \text{s}^{-1}$$

该矩形浇口的剪切速率处于浇口与分流道的最佳剪切速率 $5 \times 10^3 \text{s}^{-1} \sim 5 \times 10^4 \text{s}^{-1}$ 之间，所以浇口的剪切速率校核是合格的。

4.5 校核主流道的剪切速率

上面分别求出了塑件的体积、主流道体积、分流道体积（浇口的体积太小可以忽略不计）以及主流道的当量半径，这样就可以校核主流道熔体的剪切速率。

① 计算主流道的体积流量

$$q_{\text{主}} = \frac{V_{\text{主}} + V_{\text{分}} + V_{\text{塑}}}{t} = \frac{2.7 + 1.54 + 155.9}{2} \text{cm}^3 / \text{s} \approx 80.07 \text{cm}^3 / \text{s}$$

② 计算主流道的剪切速率

$$\dot{\gamma}_{\text{主}} = \frac{3.3q_{\text{主}}}{\pi R_{\text{主}}^3} = \frac{3.3 \times 80.07 \times 10^3}{\pi \times 4^3} \text{s}^{-1} \approx 1.31 \times 10^3 \text{s}^{-1}$$

主流道内熔体的剪切速率处于浇口与分流道的最佳剪切速率 $5 \times 10^2 \sim 5 \times 10^3 \text{s}^{-1}$ 之间，所以，主流道的剪切速率校核合格。

根据以上的计算设计出的浇注系统图示如图 4-3 所示：

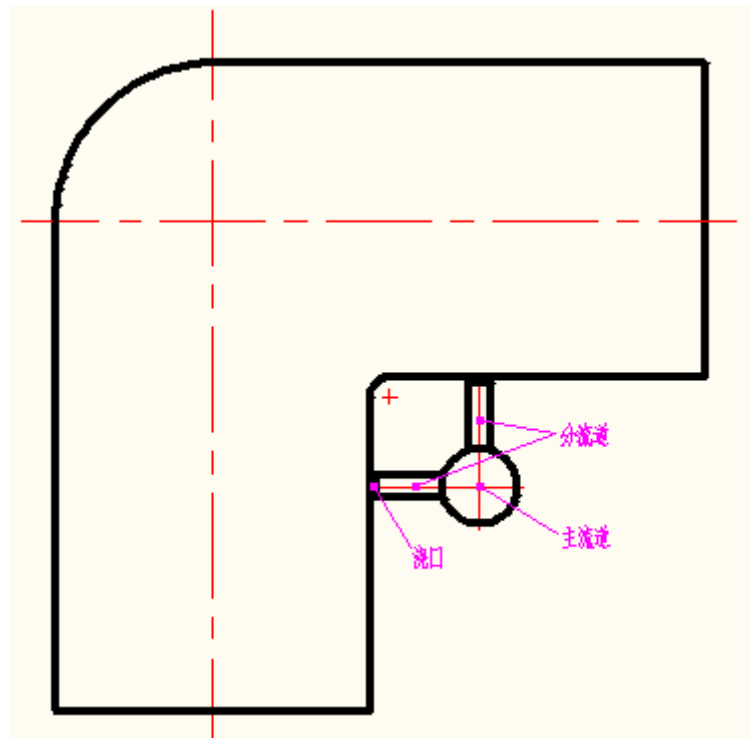


图 4-3 浇注系统示意图

4.6 冷料穴的设计与计算

冷料穴位于主流道正对面的动模板上及分流道末端，其作用主要是收集熔体前锋的冷料，防止冷料进入熔体型腔而影响制品的表面质量。本设计设有主流道冷料穴和分流道冷料穴。由于，该塑件表面不要求没有印痕，故可采用顶杆推出塑件，因此采用冷料穴底部带 Z 形头拉料杆的冷料穴。开模时，利用凝料和 Z 形头拉料杆的作用力使凝料从主流道衬套中脱出。

4.7 温度调节系统

注射模的温度对塑料熔体的充模流动、固化定形、生产效率以及塑件的形状和尺寸精度都有重要的影响，因此应设置冷却系统。由于此塑件为中型(41.79g)、厚壁(1.5mm)塑件，且成形工艺对模温要求较高，采用人工冷却，冷却系统设计如图 4-4 所示。

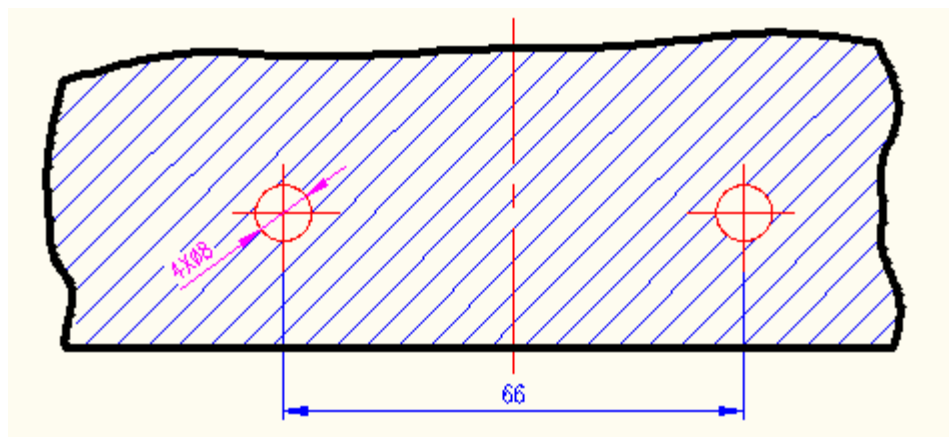


图 4-4 冷却系统

4.8 排气系统

当塑料熔体进入型腔时，如果型腔内原有气体、蒸汽等不能顺利排出，将在制品上形成气孔、银丝、灰雾、接缝、表面轮廓不清，型腔不能完全充满等弊病，同时还会因气体压缩而产生高温，引起流动前沿温度过高，粘度下降，容易从分型面溢出，发生飞边，重则灼伤制品，使之产生焦痕。而且型腔内气体压缩产生的反压力会降低充模速度，影响注塑周期和产品质量（特别是在高速注射时）。因此设计型腔时必须充分地考虑排气问题。

由于此模具属于中小型模具，且模具结构不是很复杂，可利用模具分型面和模具零件间的配合间隙自然的排气，间隙通常为 0.02~0.03mm，不必设排气槽。

第五章 成型零件的结构设计及计算

5.1 成型零件的结构设计

5.1.1 型腔的结构设计

型腔是成型制品的外表面的成型零件。按型腔结构的不同可将其分为整体式、整体嵌入式、组合式和镶嵌式四种形式。由分型面的选择，并根据对塑件的结构分析本设计采用整体式凹模，在动、定模部分均为型腔。

5.1.2 型芯的结构设计

型芯是成型塑件内表面的成型零件，通常可以分为整体式和组合式两种类型。由分型面的选择，并通过对塑件的结构分析可知，型芯位于侧向抽芯结构中，具体结构设计见侧向抽芯结构设计。

5.2 成型零件材料的选用

根据对成型零件的综合分析，该塑件的成型零件需具有足够的耐磨性和良好的抗热疲劳性能和耐蚀性，良好的尺寸稳定性及良好的导热性，又因为该塑件为大批量生成，所以型腔材料选用 40Cr。对于大型芯而言由于开模时与塑件磨损较严重，因此钢材选用高合金工具钢 Cr12MoV。

5.3 成型零件工作尺寸的计算

采用平均尺寸法计算成型零件尺寸，由技术要求可知，塑件的尺寸公差按照 SJ1372-78 中 4 级精度。因 ABS 收缩率为 0.4% ~ 0.7%，故其平均收缩率

$$S_{cp} = \frac{0.4\% + 0.7\%}{2} = 0.55\%。$$

5.3.1 型腔尺寸计算

径向尺寸：

$$L_{M1} = [(1 + S_{cp})l_1 - x_1\Delta_1]_0^{+\delta_{z1}} = [(1 + 0.55\%) \times 48 - 0.75 \times 0.28]_0^{+0.07} = 48.054_0^{+0.07} mm$$

长度尺寸：

$$L_{M2} = [(1 + S_{cp})l_2 - x_2\Delta_2]_0^{+\delta_{z2}} = [(1 + 0.55\%) \times 75 - 0.75 \times 0.38]_0^{+0.09} \approx 75.22_0^{+0.09} mm$$

$$L_{M3} = \left[(1 + S_{cp}) l_3 - x_3 \Delta_3 \right]_0^{+\delta_{z3}} = \left[(1 + 0.55\%) \times 75 - 0.75 \times 0.38 \right]_0^{+0.09} \approx 75.22_0^{+0.09} \text{ mm}$$

高度尺寸:

$$H_M = \left[(1 + S_{cp}) h_0 - \frac{2}{3} \Delta_4 \right]_0^{+\delta_{z4}} = \left[(1 + 0.55\%) \times 24 - \frac{2}{3} \times 0.22 \right]_0^{+0.06} \approx 23.98 \text{ mm}。$$

式中, S_{cp} 是塑件的平均收缩率; x_1, x_2, x_3 是磨损系数, 查表可得磨损系数一般在 0.5-0.8 之间, 此处取 $x_1 = x_2 = x_3 = 0.75$; $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$ 分别是塑件上相应尺寸的公差 (按 SJ1372-78 中 4 级精度查表得出); $\delta_{z1}, \delta_{z2}, \delta_{z3}, \delta_{z4}$ 是模具上相应的尺寸制造公差, 对于中小型模具, 取 $\delta = 1/4\Delta$ 。定模凹模 (即定模板) 如图 5-1 所示。

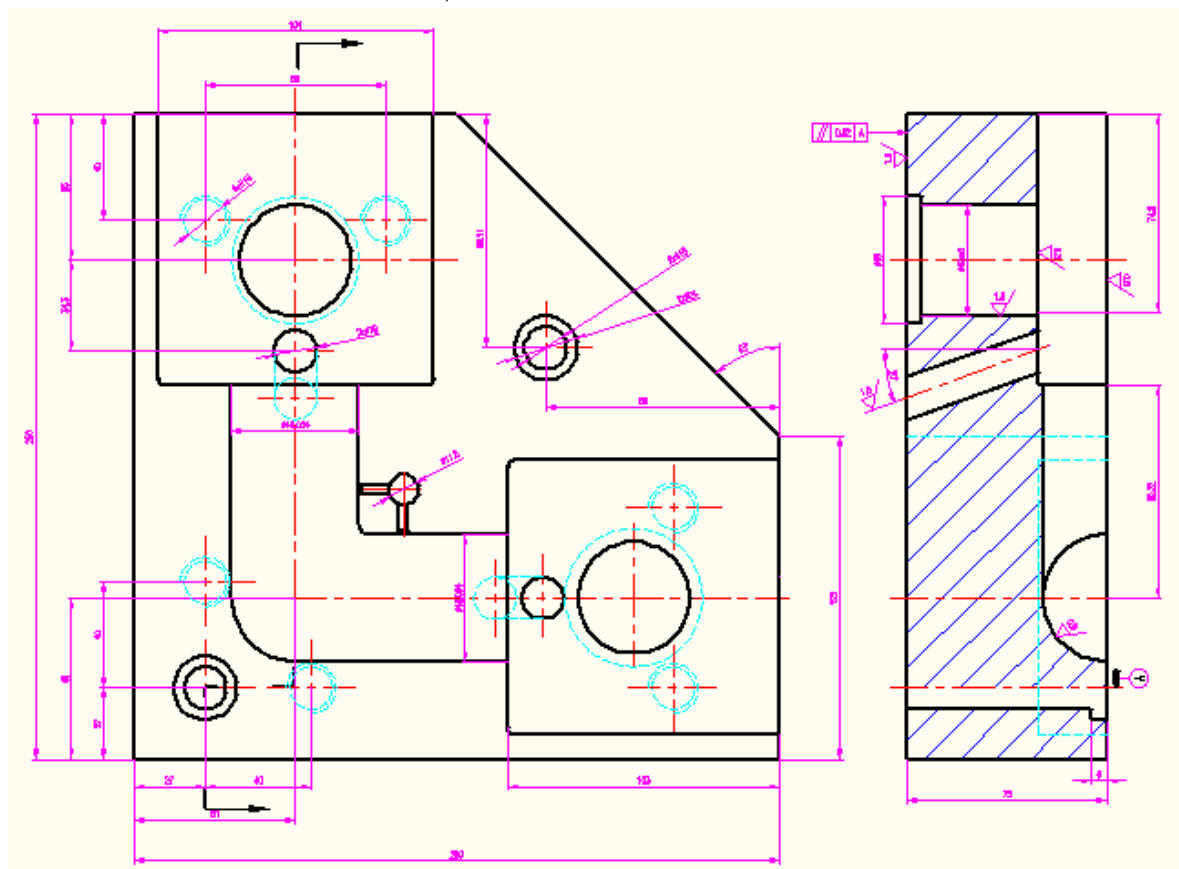


图 5-1 定模凹模

5.3.2 侧抽芯凸模尺寸计算

径向尺寸:

$$d_{M1} = \left[(1 + S_{cp}) d_1 + x_1 \Delta_1 \right]_{-\delta_1}^0 = \left[(1 + 0.55\%) \times 45 + 0.75 \times 0.28 \right]_{-0.07}^0 \approx 45.46_{-0.07}^0 \text{ mm}$$

$$d_{M2} = \left[(1 + S_{cp}) d_2 + x_2 \Delta_2 \right]_{-\delta_2}^0 = \left[(1 + 0.55\%) \times 40 - 0.75 \times 0.26 \right]_{-0.07}^0 \approx 40.03_{-0.07}^0 \text{ mm}$$

高度尺寸:

$$h_{M1} = \left[(1 + S_{cp}) h_1 + \frac{2}{3} \Delta_3 \right]_{-\delta_3}^0 = \left[(1 + 0.55\%) \times 5 + \frac{2}{3} \times 0.14 \right]_{-0.04}^0 \approx 5.12 \text{ mm}$$

长度尺寸：

$$L_{M4} = \left[(1 + S_{cp}) l_4 + x_4 \Delta_4 \right]_{-\delta_4}^0 = \left[(1 + 0.55\%) \times 70 + 0.75 \times 0.38 \right]_{+0.09}^0 \approx 70.67 \text{ mm}$$

式中， S_{cp} 是塑件的平均收缩率； x_1, x_2, x_4 是磨损系数，查表可得磨损系数一般在 0.5~0.8 之间，此处取 $x_1 = x_2 = x_4 = 0.75$ ； $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$ 分别是塑件上相应尺寸的公差（按 SJ1372-78 中 4 级精度查表得出）； $\delta_1, \delta_2, \delta_3, \delta_4$ 是模具上相应的尺寸制造公差，对于中小型模具，取 $\delta = 1/4 \Delta$ 。侧抽芯凸模如图 5-2 所示。

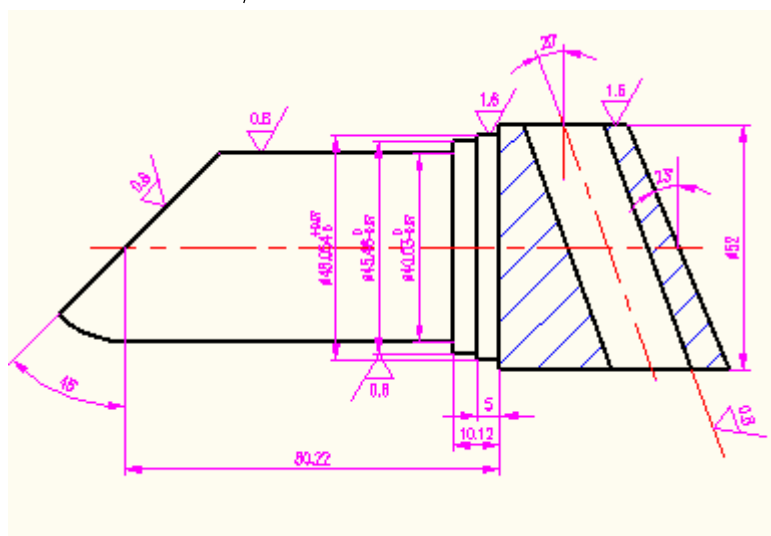


图 5-2 侧抽芯凸模

第六章 模架组合的选择

6.1 决定模板尺寸的因素

模板尺寸的确定应根据以下的因素：

- ①根据型腔的大小和布置方案，画出型腔的视图；
- ②根据冷却系统的设计，将冷却管道加画在型腔的周围；
- ③根据所选模架的类型，将导柱导套布置在合适的位置上；
- ④最后还要考虑侧抽芯机构对模架有无加大的需要，即可确定模板的尺寸——长（L）和宽（B）；

当模板的大小确定后，即可在注射模标准模架上选用一个合适的模架。

6.2 模架的选择

根据对模具初步结构的分析，拟选定 A1 型模架，即定、动模均采用两块模板，设置推杆推出机构。该类型模架适用于具有侧向分型抽芯注射模。

由于考虑到该塑件的形状特点，我们在本设计中不采用标准模架，根据实际情况来选用模座、定模板、动模板等，并进行适当加工。定模座如图 6-1 所示。

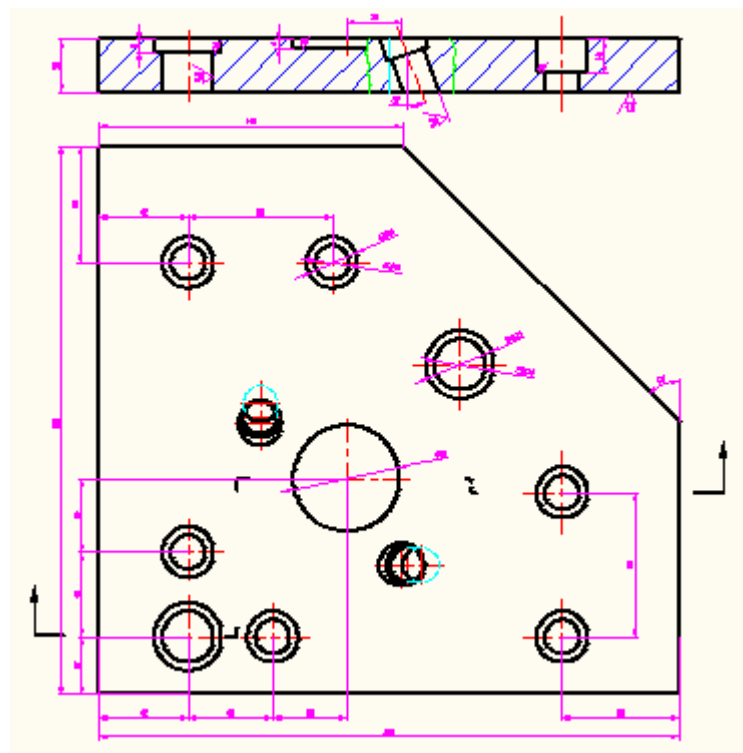


图 6-1 定模座

第七章 合模导向机构的设计

为了保证注射模的准确开模和合模，注射模具必须设置导向机构。合模导向机构主要有导柱导向和锥面定位两种形式，最常见的导向定位机构是在模具型腔四周设 2~4 对互相配合的导向导柱和导向孔。

导向机构的作用有以下三个：

- a) 定位作用 模具合模时，导向机构可以保证动模和定模的位置正确，以便使型腔的形状和尺寸精确；另外，导向机构在模具的装配过程中也起定位作用，方便模具的装配和调整。
- b) 导向作用 合模时，模具的导向零件首先接触，引导动、定模准确合模，避免因某种原因，使得型芯或型腔错误接触而造成的损失。
- c) 承受一定的侧向压力 塑料熔体是以一定的注射压力注入型腔的，型腔的各个方向都承受压力，如果塑件是非对称结构或模具设计成非平衡进料形式，就会产生单边的侧向压力，设置导向机构可以承受一定的侧向压力。

本设计中由于为大批量生产，在对角处设置 2 对导柱导向机构，并采用导套与导柱配合，导向的精度搞，寿命长。

选用的导柱导套分别如图 7-1 和图 7-2 所示。

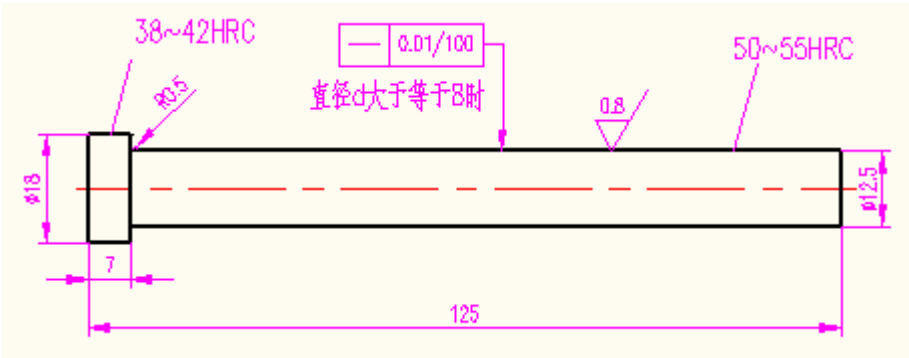


图 7-1 导柱

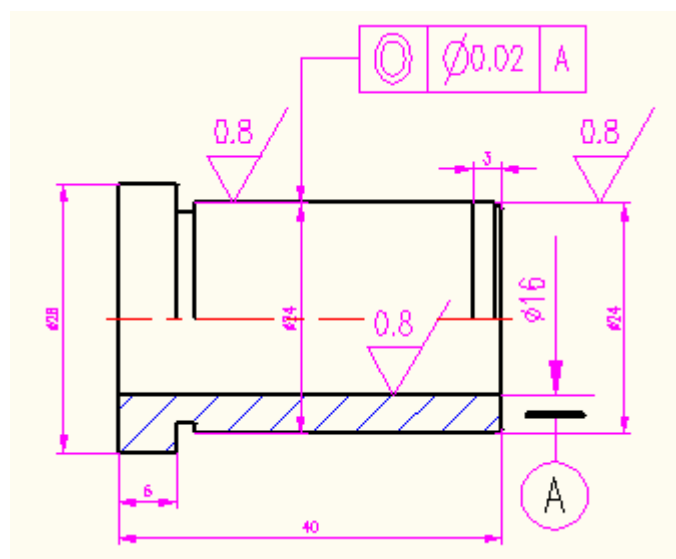


图 7-2 导套

第八章 脱模推出机构的设计

8.1 推出方式的确定

本塑件由于动模、定模均为型腔的形式，型芯则布置在侧向抽芯机构中，故只宜采用推杆脱模机构，由推杆、拉料杆和推杆固定板、推板及连接螺钉等构成，当开模到一定距离时，注射机推出装置推动推板并带动所有推杆和拉料杆一道前进，将塑件和浇注系统一起推出模腔。

8.2 推出位置、推杆数量和断面形状的设计

推杆的推出位置应设在脱模阻力大的地方。本塑件开模后留在动模型腔中，且型腔每部分成半圆柱状，各处脱模阻力均较小。同时为了保证塑件质量，应多设推杆，以减小各个推杆作用在塑件上的应力，减少变形、开裂、应力发白等现象。考虑塑件的形状和受力，本设计中采用三根圆形端面的推杆，拉料杆亦当作推杆使用，使受力平衡。

8.3 推杆复位装置

为了防止合模时侧抽芯型芯和推杆相互干扰，在模具设计时应考虑设计在模具闭合前先将推杆复位，在本设计中采用弹簧复位。弹簧复位是一种简单复位方法，它具有先行复位功能，数根弹簧装在动模垫板和推板之间。推出塑件时弹簧被压缩，当注射机的顶杆后退，弹簧即将推板推回。

第九章 侧向分型与侧抽芯机构的设计

当注射成型的塑件与开合模方向不同的内侧或外侧有孔、凹穴或凸台时，模具上成型该处的零件必须制成可侧向移动的，一边在塑件脱模推出之前，先将侧向成型零件抽出，然后再把塑件从模内推出，否则就无法脱模。带侧向成型零件做侧向分型抽芯和复位的整个机构称为侧向分型与抽芯机构。

本设计中采用斜导柱的侧向分型与侧抽芯机构，这是利用注射机的开模力作为动力和开模形成，通过斜导柱等零件，在塑件脱模之前，将模具的可侧向移动的成型零件从塑件中抽出。

9.1 抽芯距与抽芯力的计算

9.1.1 抽芯距的计算

侧向型芯从成型位置到不妨碍塑件脱模推出位置所移动的距离成为抽芯距，用 s 来表示。抽芯距 s 应比塑件的侧孔、侧向凹槽或侧向凸台的高度大 $2\sim 3\text{mm}$ 。本设计中很容易得出 $s = 89.94 + (2\sim 3)\text{mm}$ ，取 $s = 92\text{mm}$ 。

9.1.2 抽芯力的计算

抽芯力的计算同脱模力的计算是相同的。对于侧抽芯的抽芯力常采用如下脱模力的简单估算公式来进行估算： $Q = Q_c + Q_b$

式中 Q_c ——制品对型芯包紧的脱模阻力 (N)；

Q_b ——使封闭壳体脱模需克服的真空吸力 (N)，用 A_b 表示型芯的横截面面积 (mm^2)

$$Q_b = 0.1A_b = 0.1 \times \pi \times 20.015^2 \approx 125.85(\text{N})。$$

对厚壁筒形制品：

$$Q_c = \frac{2\pi_{cp} E \varepsilon h K_f}{(1 + \mu + K_f) \cos \beta} = \frac{2\pi \times 20.015 \times 1.91 \times 0.4 \times 89.94 \times 0.45}{\left(1 + 0.3 + \frac{50}{11}\right) \times 1} \approx 655.24(\text{N})$$

式中 E ——塑料的拉伸弹性模量 (MPa)；

ε ——塑料的平均成型收缩率；

μ ——塑料的泊松比；

β ——型芯的脱模斜度；

h ——型芯脱模方向高度 (mm)；

$$K_f \text{ ——脱模斜度修正系数, } K_f = \frac{f \cos \beta - \sin \beta}{1 + f \sin \beta \cos \beta} = 0.45 ;$$

f ——制品与钢材表面制件的静摩擦因数；

K_λ ——厚壁制品的计算系数， $K_\lambda = \frac{2\lambda^2}{(1+2\lambda)\cos\beta} \approx 4.55$ ；

λ ——比例系数， $\lambda = \frac{r_{cp}}{t} \approx 5$ ；

r_{cp} ——型芯的平均半径（mm）；

t ——制品壁厚（mm）。

故 $Q = Q_c + Q_b = 125.85 + 655.24 \approx 781(N)$ 。

9.2 斜导柱的侧向分型与侧抽芯机构的设计要点

斜导柱的侧向分型与侧抽芯机构有三大要素：一是侧滑块的平稳倒滑；二是注射时侧型芯（即滑块）的牢固锁紧；三是侧抽芯结束时的可靠定位。

9.2.1 斜导柱的设计

① 斜导柱的结构

斜导柱的结构形状见图 9-1。

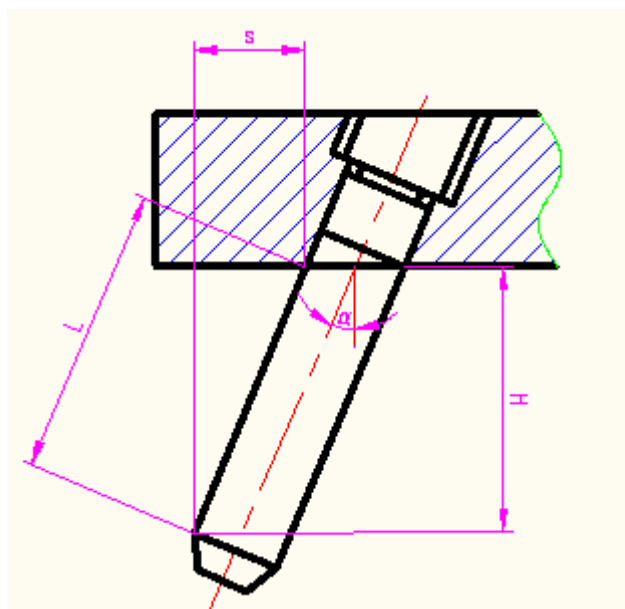


图 9-1 斜导柱的结构

② 斜导柱倾斜角的确定

斜导柱倾斜角的大小，既关系到开模所需的力、斜导柱所受的弯曲力和能提供的抽芯力，又关系到斜导柱的有效长度、抽芯距及楷模形成。我们从侧抽芯时的开模力和开模距两个方面来确定斜导柱的倾斜角。

斜导柱的倾斜角 α 越大, 斜导柱的长 L 、开模距 H 越小, 越有利于减小模具的尺寸, 而斜导柱所受的弯曲力和开模力则越大, 影响了斜导柱和模具的刚度和强度; 而 α 越小, 斜导柱和模具的受力越小, 但要在获得相同的抽芯距的情况下, 斜导柱的长度 L 和开模距 H 越大, 使模具的尺寸变大, 因此斜导柱的倾斜角 α 要兼顾到开模力和开模距这两方面, 理论推导, α 取 $22^\circ 33'$ 比较理想, 一般在设计中取 $12^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$ 。在本设计中取 $\alpha = 20^\circ$ 。

③ 斜导柱的直径

根据《实用模具技术手册》表 15-43 可查出, 该设计中的抽芯力 F_t 和斜导柱的倾斜角 α 对应的最大的弯曲力 $F_w < 1KN$ 。然后再根据 F_w 、 α 和 H_w (侧型芯滑块所受的脱模力作用线与斜导柱中心线的交点到斜导柱固定板的距离) 在《实用模具技术手册》表 15-44 中可得斜导柱的直径 d 。在该设计中 H_w 即为定模型腔板厚度, 即 $H_w = 50mm$, 从而查得 $d > 12mm$, 取 $d = 16mm$, 查表得 $D = 20mm$ 。

④ 斜导柱的长度计算

按照图 9-2 可计算出斜导柱的长度:

斜导柱的有效长度 L : $L = s/\sin \alpha = 95/\sin 20^\circ \approx 277.8mm$ 。

斜导柱总的长度 L_z :

$$\begin{aligned} L_z &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4 + L = \frac{D}{2} \tan \alpha + \frac{h}{\cos \alpha} + \frac{d}{2} \tan \alpha + (5 \sim 10) + 277.8 \\ &= \frac{20}{2} \tan 20^\circ + \frac{25}{\cos 20^\circ} + \frac{16}{2} \tan 20^\circ + (5 \sim 10) + 277.8 \\ &\approx 315mm \end{aligned}$$

斜导柱安装固定部分的长度:

$$L_\alpha = L_2 - L_0 = \frac{h}{\cos \alpha} - \frac{d_1}{2} \tan \alpha = \frac{25}{\cos 20^\circ} - \frac{16}{2} \tan 20^\circ \approx 23.7mm$$

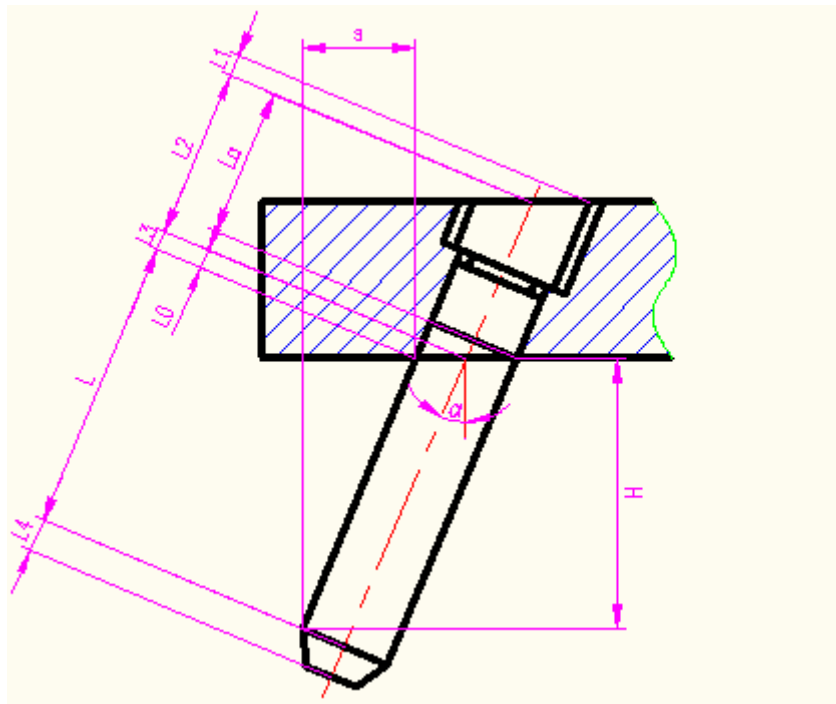


图 9-2 斜导柱的长度

9.2.2 滑块的设计

在侧滑块（简称为滑块）上安装侧型芯或侧向成型块，因此，为了保证成型工艺的可靠和塑件的尺寸的准确，侧滑块的导滑不但要灵活，而且要准确。

① 滑块的形式

滑块可以氛围整体式和组合式两种。为了节约模具材料，且加工容易，在本设计中我们采用组合式结构。滑块和侧型芯的连接方式采用压板和螺钉固定。如图 9-3 所示。

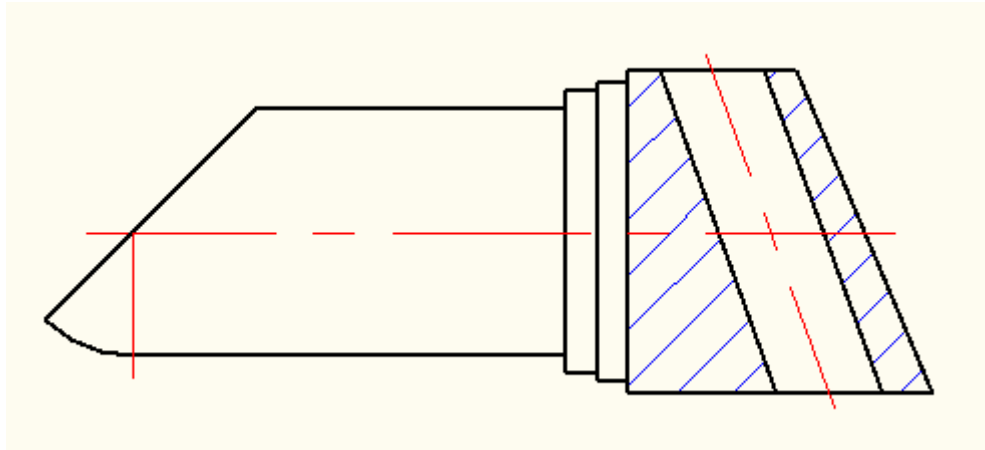


图 9-3 侧型芯与滑块的连接形式

② 滑块的导滑形式

滑块在抽芯和复位过程中，需要沿一定的方向平滑地往复移动，不应发生卡滞和跳动等现象，实现这种运动的关键是由于滑块在导滑槽内的运动。导滑槽多为 T 形槽或燕

尾槽，考虑燕尾槽加工困难，本设计中采用 T 形槽。其导滑形式如图 9-4 所示。

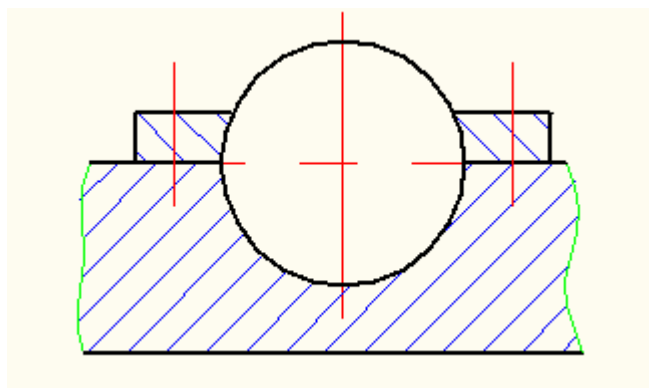


图 9-4 滑块的导滑形式

③ 滑块的定位装置

为了保证斜导柱在合模时可靠地进入滑块的斜孔，滑块在抽芯后的终止位置必须定位。滑块的定位装置有几种，在本设计中通过依靠压簧的恢复，将钢球在滑块的抽芯过程中插入滑块的预先设计的定位穴中，来将滑块定位在限位挡块处，如图 9-5 所示。

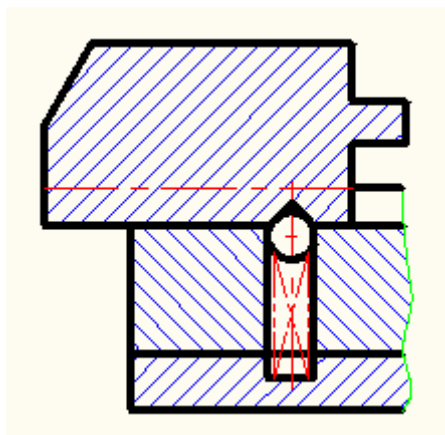


图 9-5 滑块的定位装置

9.2.3 楔紧块的设计

① 楔紧块的形式

为了防止活动型芯和滑块在成型过程中受力而移动，或斜导柱的过分受力，模具应设置楔紧块，以便在合模时将滑块压紧。在本设计中，我们采用圆柱形台阶固定方式，用销钉定位，螺钉固定楔紧块的结构，此结构简单，加工方便，应用广泛，但所承受的侧向力较小，其结构形式如图 9-6 所示。

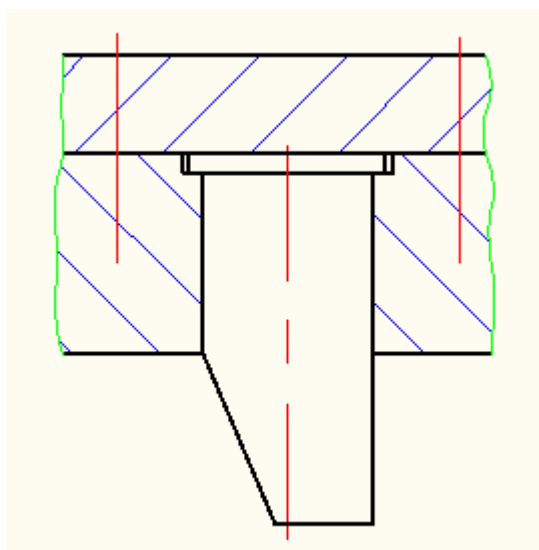


图 9-6 楔紧块的结构形式

② 楔紧块的楔紧角的选择

当斜导柱带动滑块作抽芯移动时，楔紧块的楔紧角 α' 必须大于斜导柱的斜角 α ，只有这样，当模具开模时，楔紧块才会先离开滑块，以便滑块进行侧向抽芯的动作。当滑块移动方向与合模方向垂直时，取 $\alpha' = \alpha + (2^\circ \sim 3^\circ)$ 。

③ 推杆先复位设计

对于斜导柱在定模、滑块在动模（如本设计中）的侧抽芯注射模中，在一定条件下，合模时因滑块先于推杆复位而发生干涉现象，造成活动型芯与推杆的碰撞。发生干涉的条件是侧向型芯与推杆在垂直于开模方向平面上的投影发生重合，并且，推杆的推出距离高于侧型芯的最低面，就有可能发生干涉现象，这时模具就要设计推杆先复位机构。本设计中采用弹簧导销先复位机构，在合模时，在弹簧回复力作用下，推杆和拉料杆同时迅速复位。

第十章 模具总装配图的绘制

各步骤进行具体设计后，就可以开始绘制总装配图及相关零件图了。由于此次设计的模具较为复杂，为了能对模具各零件间的相互装配关系进行全面而具体的表达，故装配图的绘制采用了主视图、俯视图来共同表达，见图 10-1 所示。绘制完装配图后，再依次绘制出各模具零件图。对于各模具零件，注意标明相关技术要求，例如热处理、倒角、粗糙度、相关公差配合等。

图中各零件代号和名称为：1. 推板 2.推杆固定板 3.推杆 4.动模座板 5.弹簧 6.动模板 7.导套 8.定模版 9.导柱 10、12、17、19、21 内六角螺钉 11.定模座板 13.浇口套 14.右斜导柱 15.楔紧块 16.导滑槽块 18.右滑块 20.拉料杆 22.左斜导柱 23.左滑块

工作原理：开模时，工件在拉料杆 20 和侧向抽芯型芯（即左、右滑块）25、18 的作用下留在动模部分，在抽芯之前楔紧块 15 松开对滑块 25、18 的楔紧作用，在继续开模的过程中，在侧抽芯机构（由斜导柱 14，楔紧块 15，滑块 25、18，导滑槽块 16 组成）的作用下，完成侧向抽芯工作。然后由顶杆 3 和拉料杆 20 共同将塑件顶出。合模时，顶杆 3 和拉料杆 20 在弹簧 5 的作用下，先回复原位，使合模时滑块 25、18 不与顶杆 3 及拉料杆 20 相互干涉。

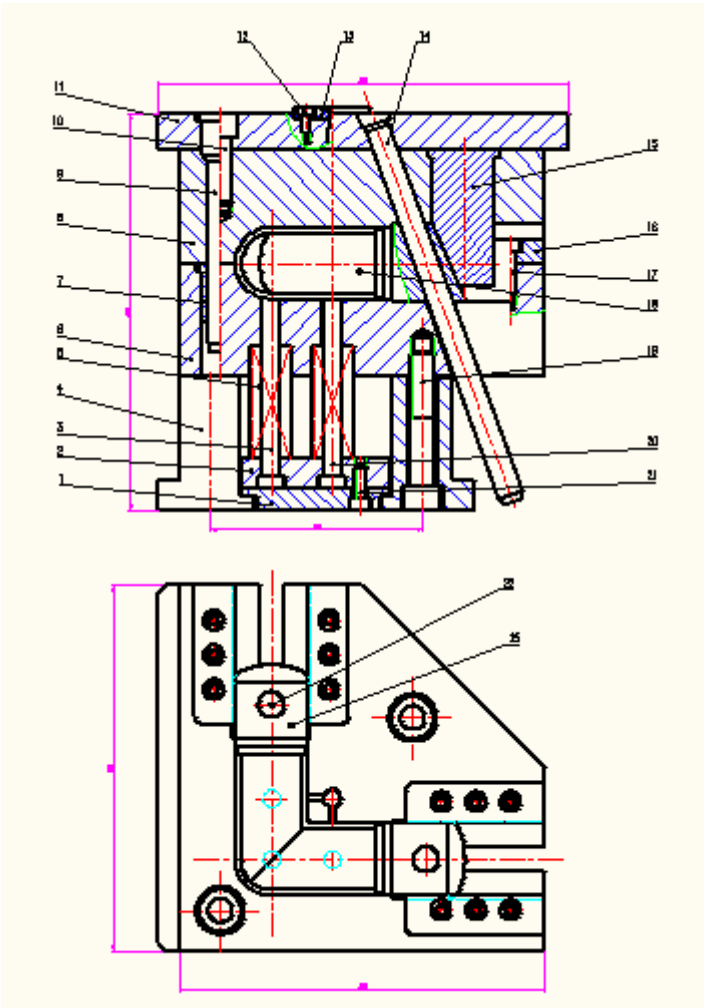


图 10-1 模具总装配图

参考文献

- 1 洪慎章编. 实用注塑模具结构图集. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- 2 田宝善, 田雁晨, 刘永主编. 塑料注射模具设计技巧与实例. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- 3 申开智主编. 塑料模具设计与制造. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- 4 王卫卫主编. 材料成型设备. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- 5 周良德, 朱泗芳等主编. 现代工程图学. 湖南: 湖南科学技术出版社, 2002.
- 6 谭雪松, 林晓新, 温丽编. 新编塑料模具设计手册. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- 7 李海梅主编. 注射成型及模具设计实用技术(第二版). 北京: 化学工业出版社, 2009.
- 8 申开智主编. 塑料成型模具(第二版). 北京: 中国轻工业出版社, 2009.
- 9 陈锡栋, 周小玉主编. 实用模具技术手册. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- 10 蒋继红, 虞贤颖, 王效岳编绘. 塑料成型模具典型结构图册. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.
- 11 杨占尧主编. 实用模具计算手册. 上海: 上海科学技术出版社, 2008.
- 12 黄毅宏、李明辉主编, 模具制造工艺, 机械工业出版社, 2007.
- 13 徐学林主编, 互换性测量技术基础, 湖南大学出版社, 2005.
- 14 崔忠圻主编, 金属学及热处理, 机械工业出版社, 2006.
- 15 模具设计大典编委会, 中国模具设计大典, 江西科学技术出版社, 2003.
- 16 彭建生主编, 模具设计与加工速查手册, 机械工业出版社, 2005.
- 17 塑料模设计手册编写组主编, 塑料模设计手册, 机械工业出版社, 2002.

致 谢

此次毕业设计得以完成，首先要感谢导师 xx 教授的精心指导和谆谆教诲。从设计的选题、设计过程、论文的写作、修改到校对，无不凝聚着 x 老师的心血和汗水。x 老师活跃的学术思想、严谨的治学态度、深刻敏锐的学术洞察力、忘我的工作热情、以及宽容儒雅的为人风范无不令我敬佩，并且使我终身受益。设计过程中，x 老师给了我充分的信任和极大的鼓励与支持，这对完成本设计也十分重要。在此，谨向指导老师致以深深的敬意与衷心的感谢，感谢 x 老师所给予的悉心指导、无私帮助、不倦教诲和严格要求！

感谢 xx 大学提供给我这次可贵的科研机会，感谢 xx 老师在我大学期间给予的无私帮助！还要感谢 xx 老师及各任课老师的悉心指导和无私帮助！

此外，还要感谢我的好友及同学在大学期间给我的支持和鼓励，使我度过了一个充实而又有意义的大学，克服无数学习和生活中的困难。我还要感谢我的家人，他们在精神上鼓励我，在经济上支持我，在生活上关心我。他们为我付出的辛苦，让我无以报答！

通过本次毕业设计，我对所学专业更加了解，对专业基础和专业知识更加熟悉，加深了我对塑料模具的概念，清楚了塑料模具设计时所需要的各个方面的问题和细节，为我以后的深造奠定了基础。

在这里再次向所有给予我无私帮助的领导、老师、同学和亲友表示深深的感谢！

最后，由于时间和精力有限，在设计中仍存在着一些不足之处，恳请各位老师批评与指正。

附件：英语论文翻译

关于注射成型工艺参数对超薄壁塑件成型过程影响的研究

宋满仓，刘柱，王敏杰，赵丹阳

中国，大连 116023，大连理工大学，“精密与特种加工”教育部重点实验室

摘要： 薄壁注射成型具有很多明显的优势例如节省材料，降低产品成本、重量和外观尺寸等等，还能加快电子产品的快速发展（例如手机）。特别是超薄壁塑件在机电系统中有很大的应用潜力。然而由于零件的厚度的减小以及在超薄壁塑件的成型特性方面缺乏系统的研究，注射成型过程变得更加困难和复杂。本文中设计和制造了一副成型超薄壁塑件的注塑模，并通过正交实验法（Taguchi 法）和数字模拟，对不同的工艺参数（注射速度，注射压力，熔融温度，计量大小和零件厚度）对超薄壁塑件的成型过程的影响进行了讨论。结果表明，零件厚度是成型的决定性参数，计量大小和注射速度是成型过程中的主要因素，加快注射速度能大大增加填充率。熔融温度和注射压力是次要因素，但是较高的熔融温度和注射压力在成型过程中也是必要的。

2006 年埃尔塞维尔 BV 公司。版权所有。

关键词： 注射成型；超薄壁塑件；正交实验法（Taguchi 法）；数字模拟

1、注射成型

作为机电系统的一种辅助工艺，微型成型技术由于其优势（如成本低，周期短，工艺简单和质量更好）而越来越被人们所重视。Yu 等人[1]研究了微小尺寸薄板的注射成型，Yao and Kim[2]分析了聚碳酸酯管的填充过程（该管厚 0.76mm，长 101.6mm），Zhao 等人[3]和 Shen 等人[4]调查研究了工艺参数对微型成型过程和零件质量的影响，然而对超薄壁注射成型的研究却很少有报道。

超薄壁塑件是一种特殊的微型塑件。超薄壁塑件一般被定义为标称壁厚小于等于 1mm，表面积至少为 50mm² 流动长度/厚度比大于 100 或 150。超薄壁塑件的成型难点主要是在填充过程中凝固层的厚度和塑件壁厚的比值会随着塑件壁厚的减小而大幅度增加。当凝固层厚度和塑件厚度相差无几时，情况会更糟。因此，在传统的注射成型工艺条件下很难将超薄壁塑件的型腔充满。由于在超薄壁注射成型中有比传统注射成型更加复杂的影响因素，要正确的选择工艺参数是很难的。

在本研究项目中，设计和制造了一副能够成型一种超薄壁塑件的注射模具。在实验过程中用到了正交实验法（Taguchi 法）[5]，而在填充分析中用到了数字模拟软件 Moldflow。本研究目的在于找出在超薄壁注射成型中的最大影响因素，以便减少试模次数，提高产品质量，还能作为对超薄壁塑件成型缺陷（如曲翘，熔接缝等）的进一步研究的参考。

2、实验设备和方法

2.1 实验设备和模具

本实验中使用的注射机为 BOY 12A。其最小注射体积为 0.1cm^3 ，最大注射压力为 180MPa ，最大注射速率为 240mm/s 。

根据传统的研究方法[6]，填充模型如图 1 所示，一个是圆形薄壁零件另外一个矩形薄壁零件。这两个薄壁零件壁厚均为 0.2mm （或者 0.1mm ），两者体积基本相等。本实验所用材料为聚丙烯 PP。

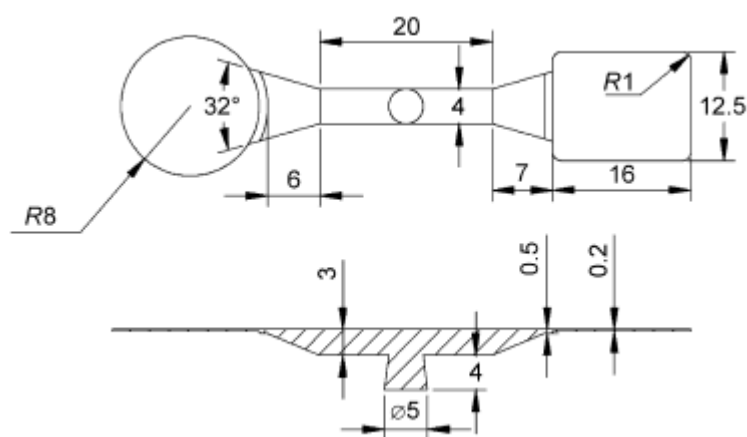


图 1. 实验模具的型腔和分流道

2.2、实验方法

在这个项目中，通过注射成型实验来研究不同工艺参数在超薄壁注射成型过程中的影响。正交实验法（Taguchi 法）用来安排实验。通过正交实验法的使用，我们能够科学的分析实验结果，也能得到主要因素和次要因素之间的关系，目标值和每个因素和进一步研究方向之间的关系。

能够影响超薄壁注射成型过程的复杂因素有很多。注射压力，注射速度，熔融温度，计量大小和塑件厚度被视为认为和环境因素以外的可取的因素。填充体积作为研究对象。由于这两个薄壁塑件的厚度均匀，填充面积也可以取代填充体积作为目标值。

3、实验结果和讨论

矩形薄壁塑件的面积被选作为目标值，因为其测量比圆形塑件更容易。重复实验几次直到被填充面积不再变化，然后选取五个塑件作为样品计算它们的平均面积以降低实验误差。通过该注射机的使用，填充面积的测量公差能够达到 0.1mm^2 ，这可以用于定量研究。

BOY 12A 的计量尺寸由喷嘴和螺丝顶部的距离来计算。在一系列单因素实验后，我们选取三种计量尺寸水平。如表 1 所以的 7.0mm ， 7.5mm ， 8.0mm 。

表 1. 因素等级表

因素	等级		
	等级 1	等级 2	等级 3
A:注射速度 v (mm/s)	60	84	108
B:注射压力 p (MPa)	85	95	105
C:熔融温度 θ ($^{\circ}\text{C}$)	220	230	240
D:计量大小 h (mm)	7.0	7.5	8.0
E:塑件厚度 δ (mm)	0.2	0.1	-

实验组的安排和结果如表 2 所示。根据分散 R 函数的结果，在五个影响因素中，塑件厚度对成型是决定性参数，计量大小在成型过程中是主要因素，注射速度和注射压力是次要因素，熔融温度则可能不是一个重要因素。

表 2. 实验项目和结果

No.	A: v (mm/s)	C: θ ($^{\circ}\text{C}$)	B: p (MPa)	D: h (mm)	E: δ (mm)	Results (area mm ²)			
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	1 (60)	1 (220)		2 (95)	2 (7.5)			1 (0.2)	149.5
2	2 (84)	1		1 (85)	1 (7.0)			1	143.3
3	3 (108)	1		3 (105)	3 (8.0)			1	172.5
4	1	2 (230)		1	2			1	160.3
5	2	2		3	1			1	111.0
6	3	2		2	3			1	176.2
7	1	3 (240)		3	1			1	86.0
8	2	3		2	3			1	191.7
9	3	3		1	2			1	172.3
10	1	1		1	3			2 (0.1)	52.2
11	2	1		3	2			2	64.3
12	3	1		2	1			2	46.9
13	1	2		3	3			2	54.5
14	2	2		2	2			2	61.7
15	3	2		1	1			2	55.8
16	1	3		2	1			2	35.1
17	2	3		1	3			2	59.1
18	3	3		3	2			2	56.6
Sum of level 1	537.6	600.8		643	478.1			1362.8	
Sum of level 2	631.1	619.5		661.1	664.7			486.2	
Sum of level 3	680.3	628.7		544.9	706.2			—	
Dispersion R	142.7	27.9		116.2	228.1			876.6	

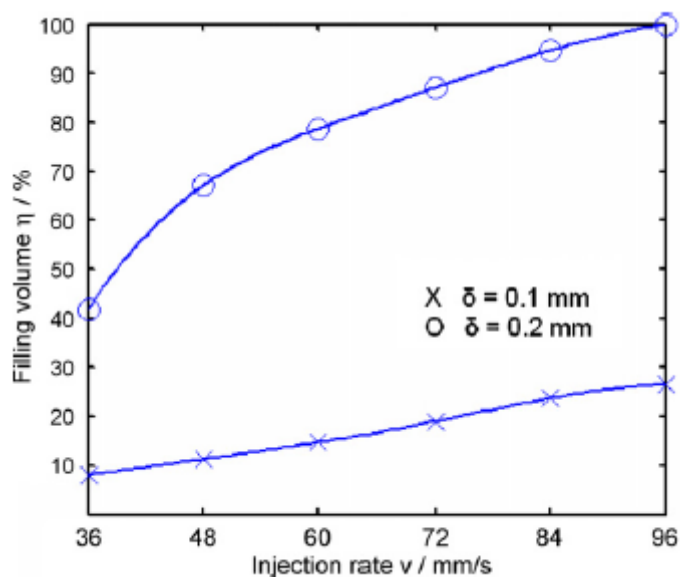
4、数字模拟和分析

在本研究中，商业软件 Moldflow 用来进行填充模拟。研究对象为壁厚为 0.1mm 或 0.2mm 的塑件。保持工艺参数模具温度为 30 $^{\circ}\text{C}$ ，注射压力为 85MPa，熔融温度为 230 $^{\circ}\text{C}$ 不变，注射速度则取一系列不同的值进行实验，以研究塑件壁厚对成型过程的影响，实验结果如表 3 和图 2 所示。结果表明，塑件的壁厚是影响成型的决定性参数。

表 3 产品的填充率

注射速度 v (mm/s)	36	48	60	72	84	96
$\delta = 0.2\text{mm}$, 填充率 η (%)	41.91	67.13	78.73	87.08	94.70	100
$\delta = 0.1\text{mm}$, 填充率 η (%)	8.02	11.30	14.73	19.05	23.74	26.64

图 2. 塑件壁厚对成型的影响



以壁厚为 0.2mm 的塑件为研究对象，通过数字模拟，以单因素实验方法对注射速度、熔融温度和注射压力在填充过程中的影响进行研究。为了使每个参数的影响具有可比较性，我们将每个参数的数据记录到一个图表中。这个图表以每个参数不同的值作为其横坐标，以填充比率作为其纵坐标。五组不同的注射速度值从 20%到 40%依次变化，七组熔融温度值从 190℃到 250℃依次变化，七组注射压力值从 50MPa 到 110MPa 依次变化。随着每个参数变化而改变的填充曲线如图 3 所示（图 3 的原始数据如表 4 所示）。比较表 2 和图 3 所示的结果，实验中的填充率的增加趋势和数字模拟中的趋势相似。

图 3. 工艺参数对成型的影响

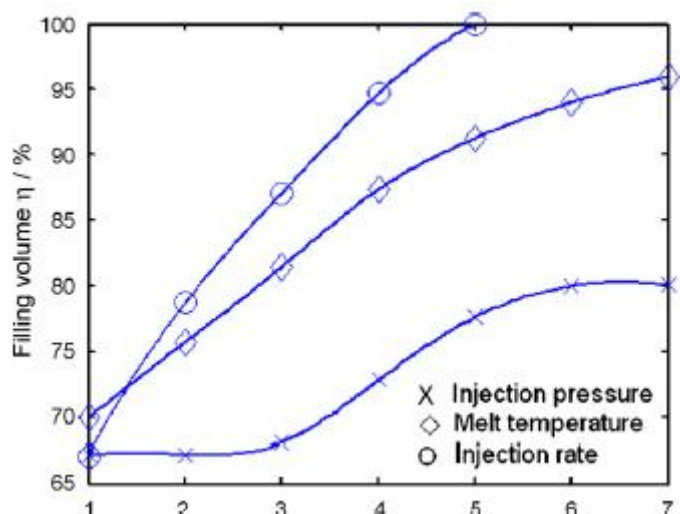


表 4. 图 3 的原始数据

No.	Filling ratio		
	Injection rate	Melt temperature	Injection pressure
1	67.13	69.98	67.16
2	78.73	75.73	67.23
3	87.08	81.45	68.08
4	94.70	87.35	72.81
5	100	91.28	77.63
6		94.03	80.00
7		95.98	80.05

5、结论

注射成型实验和数字模拟已经应用于超薄壁塑件。我们可以从结果中得出一些有用的结论，具体如下：

（1）塑件壁厚在超薄壁塑件的成型中是决定性参数，熔融塑料的填充能力随着塑件壁厚的减小而急剧下降。

（2）计量大小和注射速度在超薄壁注射成型中是主要影响因素。合适的计量大小对成型是一个必要条件，而加快注射速度能使填充率大大提高。

（3）熔融温度和注射压力在成型中是次要因素，但是高的熔融温度和注射压力在超薄壁塑件的成型过程中也是必要的。

致谢

作者非常感谢国家自然科学基金委员会提供的编号为 No.50275020 的支持，也非常感谢杂志社对本文章的编辑所付出的努力。

参考文献

- [1] L.Y. Yu, C.G. Koh, L.J. Lee, Experimental investigation and numerical simulation of injection molding with micro-features, *Polym. Eng. Sci.* 42 (5) (2002) 871–888.
- [2] D.G. Yao, B. Kim, Increasing flowlength in thinwall injection molding using a rapidly heated mold, *Polym. Plast. Technol. Eng.* 41 (5) (2002) 819–832.
- [3] J. Zhao, R.H. Mayes, G. Chen, Effects of process parameters on micro molding process, *Polym. Eng. Sci.* 43 (9) (2003) 1542–1554.
- [4] Y.K. Shen, S.L. Yeh, S.H. Chen, Three-dimensional non-newtonian computations of micro-injection molding with the finite element method, *Int. Comm. Heat Mass Transfer* 29 (5) (2002) 643–652.
- [5] Z.X. Liu, Y.H. Huang, A.M. Tian, 实验设计和分析. 北京：化学工业出版社，2005 （中文）
- [6] J.P. Qu, H.X. Huang, S.Y. Wu, 塑料工业手册. C 北京：化学工业出版社，2001 （中文）