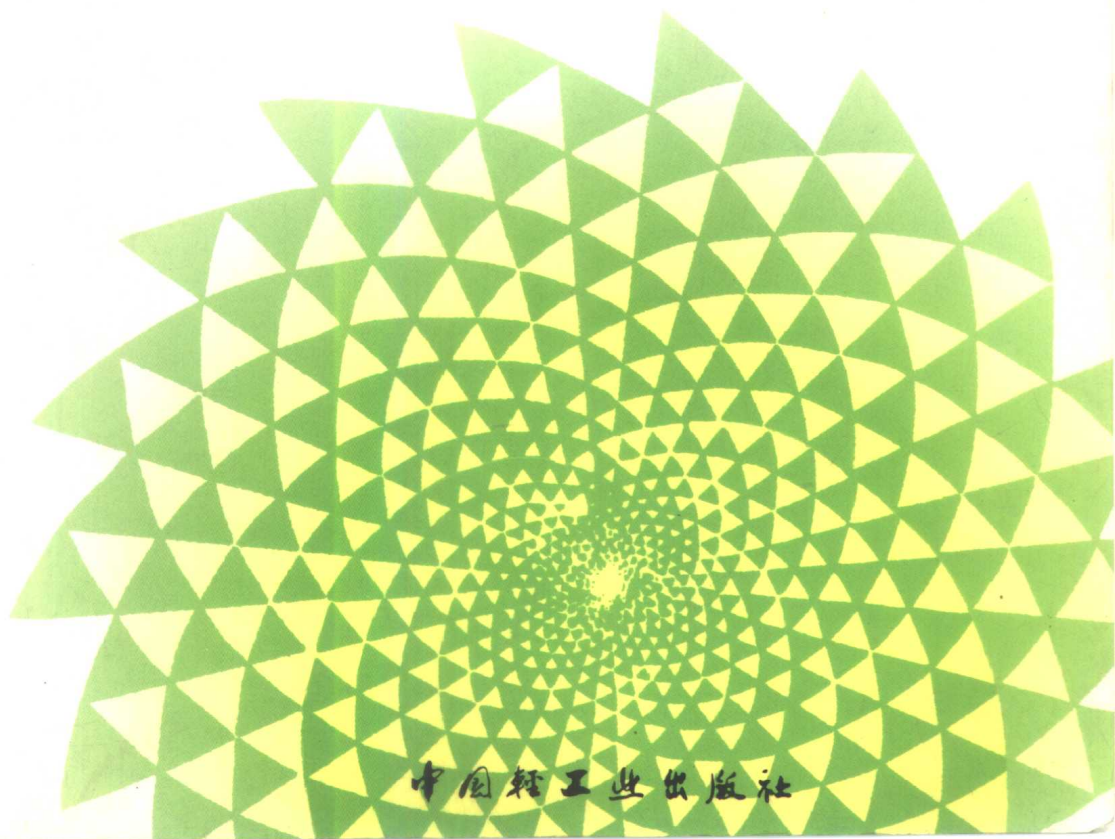


• 塑料模具设计与制造丛书 •

精密 注塑模具设计

• 奚永生 编著 •



中国轻工业出版社

20.5

2

模具设计与制造丛书

精密注塑模具设计

奚永生 编著

中国轻工业出版社

内 容 简 介

本书重点阐述精密注塑模具的设计与制造。围绕前者系统阐述精密注塑模具设计特点、精密注塑制品的设计及成型工艺必备条件和生产环境、成型技巧、精密注塑制品的测量方法和三次元的测量;围绕后者简述精密注塑模具制造在设计时采取的措施、制造基础、钢材选用和保证模具质量所必须进行的模具检验。

本书可供从事塑料模具设计的工程技术人员及有关专业的大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

精密注塑模具设计/奚永生编著. —北京:中国轻工业出版社, 1997

(模具设计与制造丛书;3)

ISBN 7-5019-1978-X

I.精… II.奚… III.注塑-塑料模具-设计 IV.TQ320.5

中国版本图书馆CIP数据核字 (97) 第01213号

中国轻工业出版社出版发行

(100740北京市东长安街6号)

责任编辑: 王淳

三河市宏达印刷厂印刷 新华书店经销

1997年4月第1版 1997年4月第1次印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 14

字数: 250千字 印数: 1-4000册

定价: 25.00元

前 言

精密注射成型就是成型尺寸和形状精度很高、表面粗糙度较低的塑料制品时采用的注射工艺方法。精密注射成型是随着塑料工业的迅速发展而出现的。由于工程塑料具有优良的工艺性能、较好的力学性能和明显的经济效果,所以应用领域日益广泛,甚至出现了金属零件塑料化的趋势。但是要代替的传统金属零件的精度又往往是普通注射成型难以达到的,故在此基础上,精密注射成型应运而生,并正在飞速发展和不断完善。

影响精密注射成型制品精度的因素主要有:精密注塑模具的设计与制造、精密注射成型工艺、精密注射成型机、精密注射成型制品的生产环境及测量仪器以及技术人员的水平等等。但是,我国当前迫切需要解决的,主要是精密注塑模具的设计及精密注射成型制品的测量,这两方面即是本书论述的重点。

本书第一章介绍精密注塑成型的定义和精密注射模具的地位及发展,第二章介绍适合精密注塑成型制品的条件及要求,同时对精密注塑模具设计进行详细介绍,第三章介绍精密注射成型必备的条件和成型技巧,第四章介绍精密注塑制品测量仪器的选择和使用,第五章阐述精密注塑模具的制造、材料选择及机械加工的特点。

编写过程中,作者查阅了日本和国内的大量有关书籍及资料,再根据自己的实际经验和知识进行了系统化。得以成书,还得到大连轻工业学院肖作顺教授、王梓杰教授、张晓娥工程师、郑文高级工程师的大力支持,在此表示感谢。

由于编者水平所限,书中错误和不妥之处在所难免,希望广大读者批评指正。

编 者

1996年2月于大连

目 录

第一章 绪 论	(1)
一、精密注塑成型的定义.....	(1)
二、精密注塑模具在塑料工业中的地位.....	(1)
三、精密注塑模具发展趋势.....	(2)
第二章 精密注塑模具设计	(3)
第一节 概 述	(3)
一、精密注塑成型制品的设计.....	(3)
(一) 制品的形状和机能要求.....	(3)
(二) 原料选择及要求.....	(3)
(三) 精密注塑制品的尺寸公差标准.....	(3)
二、精密注塑模具设计与制造.....	(9)
三、注射成型机的选择.....	(9)
四、精密注塑成型工艺条件.....	(9)
五、操作环境及操作者.....	(10)
六、精密注塑制品的测量技术.....	(10)
第二节 精密注塑工艺对精密注射成型机及模具的要求	(10)
一、精密注塑工艺对精密注射成型机的要求.....	(10)
(一) 精密注塑工艺特点.....	(10)
(二) 精密注塑工艺对注射成型机的要求.....	(11)
二、设计精密注塑模具的特殊要求.....	(12)
(一) 模具应有较高的设计精度.....	(13)
(二) 避免因模具设计不良而使制品出现不均匀收缩.....	(15)
(三) 避免因模具设计问题使制品出现脱模变形.....	(16)
(四) 对于形状复杂的制品应用镶拼模具结构.....	(16)
(五) 从模具加工精度考虑模具精度的要求.....	(17)
第三节 精密注塑模具设计特点	(18)
一、精密注塑模具设计基础.....	(18)
(一) 普通注塑模具设计的有关资料.....	(18)
(二) 模具设计的检验.....	(18)
(三) 缩小模具制造误差.....	(20)
二、浇注系统设计.....	(22)

(一) 浇注系统设计原则	·····	(23)
(二) 普通浇注系统设计	·····	(24)
(三) 无流道设计	·····	(43)
三、成型零部件设计	·····	(49)
(一) 成型零部件的结构设计	·····	(49)
(二) 成型零部件的工作尺寸计算	·····	(53)
(三) 成型零部件的强度和刚度计算	·····	(55)
四、合模导向机构的设计	·····	(60)
(一) 导柱导向机构	·····	(60)
(二) 锥面和斜面的二次准确定位	·····	(65)
(三) 导柱的强度、刚度校核	·····	(67)
五、排气系统的设计	·····	(68)
(一) 排气系统的作用	·····	(68)
(二) 排气系统的结构设计要点	·····	(68)
六、脱模机构的设计	·····	(69)
(一) 脱模机构的分类	·····	(69)
(二) 脱模机构的设计原则	·····	(70)
(三) 脱模力的计算	·····	(71)
(四) 按顶出零件分类的脱模机构	·····	(71)
(五) 按顶出动作分类的脱模机构	·····	(78)
(六) 脱模板的强度、刚度计算	·····	(91)
(七) 脱模系统的辅助零件	·····	(93)
七、侧向分型抽芯机构设计	·····	(95)
(一) 机动式侧向分型与抽芯机构	·····	(96)
(二) 斜滑块式侧向分型与抽芯机构	·····	(112)
八、模具温度调节系统设计	·····	(115)
(一) 模具温度及调节系统对制品质量的影响	·····	(116)
(二) 模具温度及调节系统与生产效率的关系	·····	(116)
(三) 模具的冷却与加热	·····	(117)
(四) 热传导面积、温控介质的通道及用量计算	·····	(118)
(五) 温控介质循环回路的设计原则	·····	(126)
(六) 电加热装置	·····	(127)
九、精密注塑模具支承零部件的设计	·····	(129)
(一) 固定板	·····	(129)
(二) 支承板和支承块	·····	(130)
(三) 模座	·····	(131)
(四) 标准注射模架的应用	·····	(131)
第三章 精密注塑成型的必备条件及成型技巧	·····	(132)

一、精密注塑成型的必备条件·····	(132)
二、精密注塑成型的技巧·····	(132)
第四章 精密注塑成型制品的测量 ·····	(138)
一、各种形状精密注塑成型制品的测量·····	(138)
二、精密塑件尺寸测量仪器的误差评价·····	(138)
(一) 误差评价的考虑方法·····	(138)
(二) 标准测量场合的误差·····	(141)
(三) 测量塑件场合的误差·····	(142)
(四) 综合误差·····	(143)
三、测量仪器的选择·····	(143)
(一) 选择方法·····	(143)
(二) SN比的计算·····	(144)
(三) 测量成本的比较·····	(146)
四、三维尺寸测量·····	(147)
第五章 精密注塑模具的制造及检验 ·····	(151)
一、精密注塑模具的制造及存在的问题·····	(151)
(一) 精密注塑模具的制造特点·····	(151)
(二) 模具钢材的特点·····	(151)
(三) 模具机械加工的要点·····	(152)
(四) 模具加工用刀具的特点·····	(153)
二、模具的技术要求和模具的检验·····	(154)
(一) 模具的技术要求·····	(154)
(二) 模具的检验和质量保证·····	(154)
(三) 精密模具的检验·····	(157)
三、通用和精密模具钢材的选择基准·····	(158)
(一) 模具钢材的质量要求和性能·····	(158)
(二) 塑料模具的钢材品种、特性·····	(159)
(三) 各种塑料模具钢材的主要特性·····	(161)
(四) 模具钢材的选择基准·····	(167)
附 录 ·····	(175)
参考文献 ·····	(213)

第一章 绪 论

工程塑料由于具有一系列的优异性能和明显的经济效果,应用领域日益广泛。在精密仪器、电子仪表、航空航天、汽车工业、光学仪器和通信工业等等行业中精密塑料制品都占有很重要的地位,甚至有的行业出现了金属零件塑料化的趋势。因此,对于它们的精度要求也就越来越高,而这些精度又往往是普通注塑成型难以达到的,故在此基础上,精密注塑成型应运而生,并且正在迅速发展和不断完善。

一、精密注塑成型的定义

谈到精密注塑成型,至今人们还未作出一个统一、完整的定义,但从注塑成型制品的实际情况看,所谓“精密”包括两种含义:

(a) 几何精度 几何精度是指制品在几何方面的精度要求,这是精密注塑成型需要解决的一个主要问题。几何精度包括尺寸精度和形位精度。目前精密注塑成型制品的尺寸精度已能够达到 μm 级,个别电子、光学仪器的模具要求超高精度尺寸,甚至达到 nm 级。相比之下,形位精度,即制品各要素的形状以及它们之间位置关系的精度提高则比较困难,目前还未能满足高精度场合的使用要求。

(b) 机能精度 机能精度是个比较笼统的概念,它是根据几何精度以外其它实际情况的需要而提出来的。举例说,象光学仪器的一些配件以及装饰品等对制品的外观、色彩、透明度、透光度、表面光洁程度等方面提出的要求。又如,有些在受力或特殊工作环境下使用的塑料制品,对刚度、力学强度及内应力均匀性等都有较高要求。制品在这些方面的精度要求,即所谓机能精度,它也是精密注塑成型中所要解决的问题。

二、精密注塑模具在塑料工业中的地位

塑料精密注射成型用的模具为精密注塑模具。精密注塑模具在注塑成型制品生产中是必不可少的主要工具之一。精密注塑模具设计得好、坏,决定着精密注塑成型制品的质量优劣及成品率高低,也就是说,是否能加工出优质价廉的精密塑料制品,在很大程度上要靠精密注塑模具设计的合理性和先进性来保证。先进的精密注塑模具、合理的精密注塑成型工艺及高精度、高效率的设备是当代精密塑料成型加工中必备的三个重要因素,缺一不可。但精密注塑成型制品能否更广泛使用的决定因素,最终落实到精密注塑模具设计上。当前,世界工业先进国家日本、德国、美国等都很重视精密注塑模具设计,我国在引进设备和技术的基础上,正在起步和完善,精密注塑模具将朝着高科技迅猛向前发展。

三、精密注塑模具发展趋势

开始设计精密注塑模具时,只是努力提高模具制造精度来获得较高的精度之塑件,其实这样做是错误的,在一定限度内还可以,但最终不会得到精度很高的塑件。过去我国在这一点上是走过弯路的,今后应吸取教训。要想注塑加工高精度的塑件,必须找出影响精密塑件精度的因素,将这些影响因素加以分析,解决其中的主要问题,然后再进行设计精密注塑模具,这才是获得精密塑件的唯一出路。

普通注塑模具设计,国外先进国家已由经验数据逐步过渡到计算设计,对模具浇注系统和型腔的熔料流动行为及温度调节系统的热量分布都采用了微机辅助设计。而我国仍然采用经验数据设计为主,用微机辅助设计仅是帮助分析问题。对精密注塑模具设计的要求,与普通注塑模具设计相比,更为严格、准确。所以,微机辅助设计在精密注塑模具设计与制造中的应用更为重要,特别是浇注系统的流动行为和模具温度调节系统的热量分布等的设计必须采用微机辅助设计,否则是不可能设计出合格的精密注塑模具的。为了缩短精密注塑模具设计与制造周期,在我国逐渐应较为彻底地实施标准化。模架、型芯和型腔等只作最低限度的设计,对原材料的尺寸等也实施标准化。在模具制造上尽可能采用自动化加工的数控机床群,对一群加工中心实施直接数控运转,每台机床每年可达到8 000h的无人操作运转。这一点在我国才刚刚起步,这一成果将广为利用和大力推广。

总之,将来精密注塑模具设计与制造的发展,是朝着超短时间内设计与制造出高精度、高寿命、高效率、更先进精密注塑模具的方向。

目前用精密注塑成型机来成型精密注塑制品,世界上工业先进国家都已实现自动化生产,对精密注塑成型机可以进行远距离操作或无人操作,成型机可以根据生产监测信号实时调整成型工艺条件,从而能从根本上保证塑料制品的成型质量不发生问题。为了实现这一目标,必须积极开发各种自控成型设备和高自动化模具。目前我国在开发自控精密注塑成型机方面已取得了显著成果,对于高自动化模具的研制还需要进一步努力,以尽快实现我国精密注塑成型制品生产的高自动化。

第二章 精密注塑模具设计

第一节 概 述

在实际生产中,影响精密注射成型制品精度因素非常多,现将各种因素归纳起来,并对它们与制品精度之间的关系加以简要说明。

一、精密注塑成型制品的设计

精密注塑成型制品的设计中,对制品形状、机能要求、原料选择及尺寸公差的设计等均会对制品精度产生影响。

(一) 制品的形状和机能要求

制品的形状应设计得易于模塑。如塑件有内、外侧凹(或侧凸)和侧孔时,在不影响使用的前提下,应修改设计,尽量避免设计侧抽芯和瓣合模。因为侧抽芯和瓣合模不但提高模具成本,降低生产效率,导致塑件成本上升,而且还会在多个分型面上留下飞边和哈夫线,增加后加工的困难,更重要的是侧向分型与抽芯的精密注塑模具很难达到制造精度,直接或间接影响制品的尺寸精度。制品脱模斜度方面,无论制件精度要求多高,都必须设计出在公差允许范围内的脱模斜度,否则制品在脱模时不能完美无损地从模腔内顺利地脱落下来。塑件壁厚应在各种塑料规定厚度内设定,如有塑件因考虑强度和刚度要求,也不能设计壁太厚,应将超厚壁的塑件改用加强筋代替等强度壁厚塑件。若增加塑件刚度,设计时要考虑防止变形的措施。对制件有其它机能要求时,应在模具设计时采取一定措施。如制品有透光率和透明度等要求时,应在模具浇注系统设计尺寸上严格确定和严格控制模温。另外,塑件转角处必须设计圆滑过渡,避免尖角处应力集中造成塑件强度不高。

(二) 原料选择及要求

精密注塑制品对原料选择及要求也很严格。精密注塑制品精度和力学强度都要求很高,原料收缩率值、变形、含湿率(生产前料干燥方法和干燥时间等)、助剂种类、结晶或非结晶塑料、粘度和颗粒形状等因素都直接影响制品的精度和力学强度,所以,对以上原料诸因素必须严格要求和把关。

就目前情况来讲,适于精密注塑制品的塑料品种主要有聚碳酸酯(包括玻璃纤维增强型)、聚酰胺及其增强型、聚甲醛(包括碳纤维或玻璃纤维增强型)以及ABS和PBT等。

(三) 精密注塑制品的尺寸公差标准

1. 精密注塑制品的尺寸种类

成型制件的尺寸分为“模具直接确定的尺寸”、“模具间接确定的尺寸”及“其他

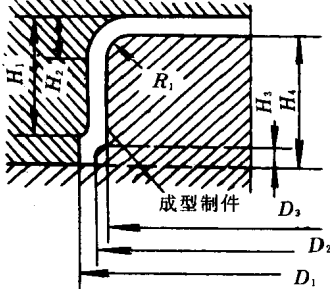
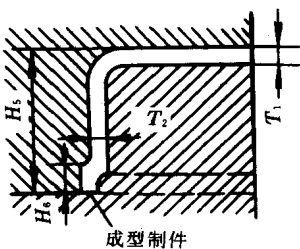
尺寸”三类,如表2-1所示。

表 2-1 成型制件尺寸分类

种 类	适 用 例
模具直接确定的尺寸	一般尺寸曲率半径
	成型制件尺寸 中心距 模具成型尺寸
模具间接确定的尺寸	开模方向的尺寸 侧壁厚度及类似尺寸 合模确定的中心距
其它尺寸	平行度和偏心弯曲、翘曲和扭曲角度

表2-2为“模具直接确定的尺寸”及“模具间接确定的尺寸”。如表2-2中所表明的,“模具直接确定的尺寸”的误差是由模具的制造精度、预定成型收缩率(或叫作理论收缩率)与实际成型收缩率的偏差所造成的。“模具间接确定的尺寸”是由分型面的位置、模具本身的制造精度等决定的。虽然已经出现了控制分型面开合状态的注射成型机,可是“模具间接确定的尺寸”归根结底是由型腔与型芯及滑动型芯的相关尺寸决定的,因此不得不提高模具精度。反过来说,必须提高精度的尺寸也包括“模具直接确定的尺寸”。

表 2-2 由模具直接和间接确定的尺寸

模具直接确定的尺寸	模具间接确定的尺寸
相当下图的各部尺寸,成型制件的某一部分被包容在模具的一个部分之中,只由模具的凸模或凹模其中任何一方确定的尺寸,不受毛刺和厚度的影响	是由模具二个以上部分构成的尺寸,相当于下图的各部尺寸。如箱壳的外部高度、底厚等横跨分型面的尺寸,如侧壁等由凸凹模确定的尺寸,其它横跨侧型芯的尺寸等
	

2. 精密注塑成型制品的尺寸公差标准

(1) DIN(联邦德国标准) 联邦德国的标准如表2-3和表2-4所示。表中公差包括成型后的收缩和膨胀。检测的条件是:成型后在温度为 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $50 \pm 5\%$ 的环境中至少经过24h后测量。表2-4中的最下一段公差是精密成型制件的公差标准。

表 2-3

考虑到成型收缩分类值的公差等级系列

材料符号	用下列材料制成的成型材料		成型材料 ⁽¹⁾		成型收缩分类值	材料的公差等级		
			规格或统计代号	DIN代号		不用公差表示	用公差表示	
							1级	2级
EP	环氧树脂成型材料		870.871.872	16912	未定	未定	未定	未定
PF	酚醛树脂成型材料	充填无机物	11.5.12.13.5.13.9.15.16	7708 ⁽²⁾ 第二部分	0~1	130	120	110
		充填有机物	30.5.31.31.5.31.9.32.33.51.51.5.51.9.52.52.9.71.74.75.83.84		1~2	140	130	120
UF	氨基塑料成型材料和氨基塑料/酚醛树脂成型材料	充填有机物	131.131.5.150.152.152.7.153.153.5.154.180.181.181.5	7708 第三部分	1~2	140	130	120
MF		充填无机物	155.156		0~1	130	120	110
		充填有机物	157.182.183		1~2	140	130	120
UP	聚脂树脂成型材料		801.802.803.804	16911				
UP	聚脂树脂片		830.830.5.831.831.5.832.832.5.833.833.5	16913 (未确定)	未定	未定	未定	未定
	冷成型材料		212.214	7708 第四部分	1~2	140	130	120
ABS	丙烯腈、丁二烯、苯乙烯聚合成型材料				0~1	130	120	110
CA	乙酰纤维素成型材料		431.432.433.434.435	7742	1~2	140	130	120
CAB	乙酰丁基纤维素成型材料		411.412.413	7743	1~2	140	130	120
CAP	乙酰丙基纤维素成型材料				1~2	140	130	120
CP	丙基纤维素成型材料				1~2	140	130	120
PA	(不充填)尼龙6(聚酰胺)				1~2	140	130	120
	(不充填)尼龙66成型材料				1~2	140	130	120
	(不充填)尼龙60成型材料				1~2	140	130	120
	(不充填)尼龙11成型材料				1~2	140	130	120
PA	(不充填)尼龙2成型材料				1~2	140	130	120
	玻璃纤维增强尼龙6.6.6.6.10.11.12成型材料				0~1	130	120	110
PC	聚碳酸酯成型材料		300	7744	0~1	130	120	110
PE	(不充填)聚乙烯成型材料		550	7740 第一部分	2~3	150	140	130
PETP (a)	聚乙烯对酞酸盐成型材料 (非结晶性)				0~1	130	120	110
PETP (k)	聚乙烯对苯二酸盐成型材料 (结晶性)				1~2	140	130	120

续表

材料符号	用下列材料制成的成型材料	成型材料 ⁽¹⁾		成型收缩分类值	材料的公差等级		
		规格或统计代号	DIN代号		不用公差表示	用公差表示	
						1级	2级
PMMA	甲基丙烯酸树脂(异丁烯)成型材料		7745 ⁽³⁾	0~1	130	120	110
POM	聚甲醛(聚氧亚甲基)成型材料 ⁽³⁾ (不充填), 制件尺寸<150mm			1~2	140	130	120
	聚甲醛成型材料 ⁽³⁾ (不充填)成形制件尺寸>150mm			2~3	150	140*	130
	聚甲醛成型材料 ⁽³⁾ 玻璃纤维强化			0~1	130	120	110
PP	聚丙烯成型材料 ⁽³⁾ (不充填)	560.561.562.563	7740 ⁽²⁾ 第2部分	2~3	150	140	130
	聚丙烯成型材料 ⁽³⁾ 玻璃纤维强化、充填滑石或石棉纤维			1~2	140	130	120
PS	聚苯乙烯成型材料		7741	0~1	130	120	110
PVC	不含可塑剂聚氯乙烯树脂成型材料		7748	0~1	130	120	110
	含可塑剂聚氯乙烯树脂成型材料	660.661.662.663	7749 ⁽²⁾	*	未定	未定	未定
SAN	苯乙烯、丙烯腈共聚体成型材料(AS)			0~1	130	120	110
SB	丁二烯、苯乙烯共聚体成型材料			0~1	130	120	110
	氟化乙丙烯			2~3	150	140	130
	聚丁烯			3~4	160	150	140
	聚苯环氧			0~1	130	120	110

注: (1) 成型材料代号根据1972年的标准。

(2) 现未确定。

(3) DIN 7708 第二部分 1972年2月颁发, DIN 7740 第二部分 1972年2月颁发,

DIN 7741 第一部分 1972年2月颁发, DIN 7745 1972年5月颁发,

DIN 7749 1972年8月颁发。

* 根据可塑剂数量可见, 成型收缩的分类值为1~2. 2~3或3~4

(2) SPI(美国塑料协会标准) 对于“模具直接确定的尺寸”的精密级公差, 有如下二种形式: 表2-5是耐冲击聚苯乙烯的成型公差, 各种塑料的精密级公差计算式如表2-6所示。

(3) CES M-77012(日本通信技术标准) 这是日本通信工业协会的行业技术标准。规定了通信器材中塑料成型制件的尺寸公差。但不适用于齿轮的齿、螺纹以及较精密的配合部分。

(4) 精密注塑成型制品的公差标准 要根据使用要求设计(或选择)尺寸公差, 避免设计脱离实际的制件尺寸公差, 所以必须从经济性出发制定现实可行的精密注塑成型制件的尺寸公差标准。表2-7为日本神崎義光株式会社提出的塑件尺寸公差标准, 供读者参考查用。表中的最小极限, 是指单型腔模具成型精密制件所能达到的尺寸精度极限, 因而不适合于批量生产。表中的实用极限则表示使用四个以下型腔的精密模具取得的实用精密公差的极限。此表的数值是以质量第一和经济合理为原则制定的。

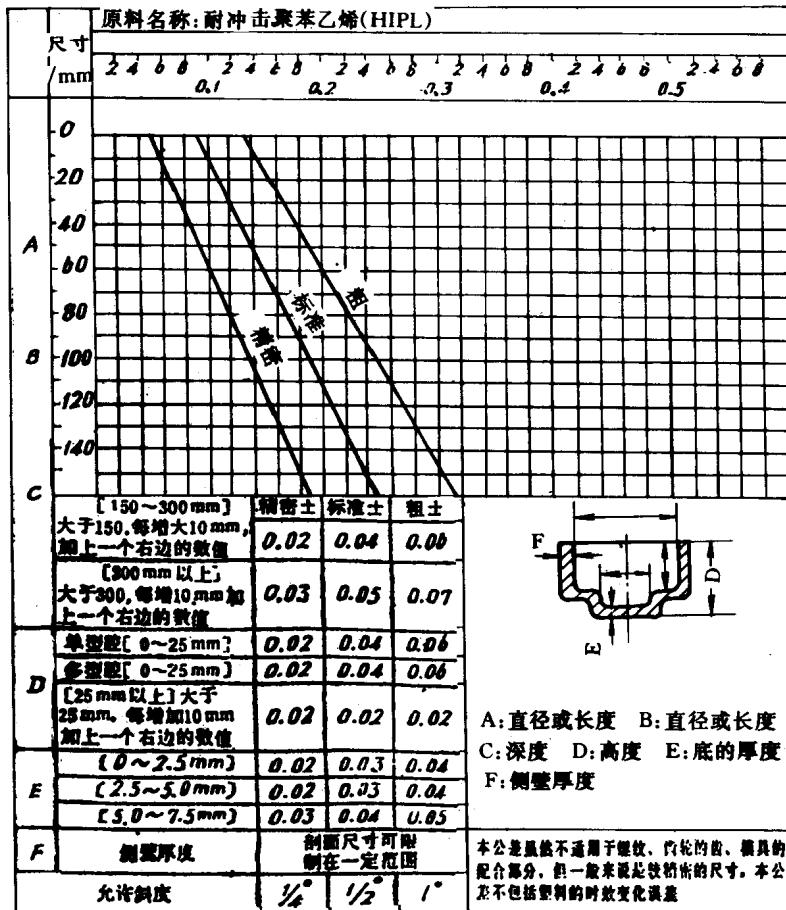
表 2-4 塑料成型制件的尺寸公差及允许误差

公差等级 (根据表 2-3 的 6、7、8)	公差及 允许误差	公 称 尺 寸 范 围																								
		大于	1	3	6	10	15	22	30	40	53	70	90	120	160	200	250	315	400	500	630	800				
110	1	0.08	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	0.22	0.26	0.3	0.32	0.36	0.4	0.44	0.5	0.58	0.68	0.8	0.96	1.06	1.3	1.6	2.0	2.5	
	2	0.18	0.2	0.22	0.24	0.26	0.28	0.3	0.32	0.36	0.4	0.44	0.48	0.54	0.6	0.68	0.78	0.9	1.06	1.24	1.5	1.8	2.2	2.6	3.2	4.0
120	1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.2	0.22	0.26	0.3	0.34	0.4	0.42	0.46	0.5	0.54	0.6	0.68	0.78	0.9	1.06	1.24	1.5	1.8	2.2	2.6	3.2
	2	0.32	0.34	0.36	0.38	0.4	0.42	0.46	0.5	0.54	0.6	0.68	0.78	0.9	1.06	1.24	1.5	1.8	2.2	2.6	3.2	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0
130	3	±0.08	±0.09	±0.1	±0.11	±0.13	±0.15	±0.17	±0.2	±0.24	±0.27	±0.3	±0.34	±0.38	±0.41	±0.45	±0.5	±0.6	±0.7	±0.9	±1.1	±1.3	±1.6	±2.0	±2.5	±3.0
	4	±0.18	±0.19	±0.2	±0.21	±0.23	±0.25	±0.27	±0.3	±0.34	±0.38	±0.41	±0.45	±0.5	±0.6	±0.7	±0.8	±1.0	±1.2	±1.5	±1.9	±2.4	±3.0	±3.6	±4.5	±5.5
140	1	0.16	0.18	0.2	0.22	0.26	0.3	0.34	0.4	0.48	0.56	0.68	0.82	1.0	1.3	1.6	2.0	2.4	3.0	3.7	4.7	5.8	7.0	8.8	11.0	
	2	0.36	0.38	0.4	0.42	0.46	0.5	0.54	0.6	0.68	0.76	0.88	1.02	1.2	1.5	1.8	2.2	2.6	3.2	3.9	4.9	6.0	7.2	9.0	11.0	
150	3	±0.1	±0.11	±0.12	±0.14	±0.17	±0.2	±0.24	±0.27	±0.3	±0.34	±0.38	±0.43	±0.5	±0.6	±0.7	±0.85	±1.05	±1.25	±1.55	±1.9	±2.3	±2.9	±3.6	±4.5	
	4	±0.2	±0.21	±0.22	±0.24	±0.27	±0.3	±0.34	±0.38	±0.43	±0.5	±0.56	±0.68	±0.8	±1.0	±1.2	±1.5	±1.9	±2.3	±2.9	±3.6	±4.4	±5.2	±6.5	±8.0	
160	1	0.2	0.22	0.24	0.26	0.34	0.4	0.48	0.56	0.66	0.78	0.94	1.16	1.42	1.74	2.2	2.8	3.4	4.2	5.4	6.6	8.4	10.4	13.0	16.0	
	2	0.4	0.42	0.44	0.48	0.54	0.6	0.68	0.76	0.86	1.0	1.14	1.36	1.62	1.94	2.4	3.0	3.6	4.4	5.6	6.8	8.6	10.6	13.2	16.0	
160	3	±0.13	±0.15	±0.17	±0.2	±0.24	±0.28	±0.33	±0.39	±0.47	±0.58	±0.71	±0.87	±1.1	±1.4	±1.7	±2.1	±2.5	±3.1	±3.8	±4.6	±5.8	±7.2	±9.0	±11.0	
	4	±0.23	±0.25	±0.27	±0.3	±0.34	±0.38	±0.43	±0.49	±0.57	±0.68	±0.81	±0.97	±1.2	±1.5	±1.8	±2.2	±2.8	±3.4	±4.2	±5.0	±6.2	±7.8	±9.9	±12.0	
160	1	0.26	0.3	0.34	0.4	0.48	0.56	0.66	0.78	0.94	1.16	1.42	1.74	2.2	2.8	3.4	4.2	5.4	6.6	8.4	10.4	13.0	16.0	20.0		
	2	0.46	0.5	0.54	0.6	0.68	0.76	0.86	0.98	1.14	1.36	1.62	1.94	2.4	3.0	3.6	4.4	5.6	6.8	8.6	10.6	13.2	16.0	20.0		
160	3	±0.18	±0.2	±0.25	±0.27	±0.32	±0.39	±0.47	±0.56	±0.68	±0.84	±1.06	±1.3	±1.7	±2.1	±2.6	±3.2	±4.0	±5.0	±6.2	±7.8	±9.9	±12.0	±15.0		
	4	±0.26	±0.3	±0.33	±0.37	±0.42	±0.49	±0.57	±0.66	±0.78	±0.94	±1.15	±1.4	±1.8	±2.2	±2.7	±3.3	±4.1	±5.1	±6.3	±7.9	±10.0	±12.0	±15.0		
160	1	0.36	0.4	0.46	0.54	0.64	0.78	0.94	1.12	1.36	1.68	2.1	2.6	3.4	4.2	5.2	6.4	8.0	10.0	12.3	15.6	19.8	25.0	30.0		
	2	0.56	0.6	0.66	0.74	0.84	0.98	1.14	0.32	1.56	1.88	2.3	2.8	3.6	4.4	5.4	6.6	8.2	10.2	12.5	15.8	20.0	25.0	30.0		
160	1	0.05	0.06	0.07	0.08	0.1	0.12	0.14	0.16	0.18	0.21	0.25	0.3	0.4												
	2	0.1	0.12	0.14	0.16	0.2	0.22	0.24	0.26	0.28	0.31	0.35	0.4	0.5												

注: 1) 对未注公差尺寸: 表中1为“模具直接确定的尺寸”的公差, 表中2为“模具间接确定的尺寸”的公差。
 2) 对标注公差尺寸: 表中3为“模具直接确定的尺寸”的允许误差, 表中4为“模具间接确定的尺寸”的允许误差。
 例如: 聚乙烯成型制件(P.E)的“模具直接确定的尺寸”为100mm(公称尺寸), 按下列步骤确定公差或允许误差。
 一、未注公差时: 根据表2-3(1)第6栏, 查得公差等级为150, 从表2-3(2)的公差等级栏中查得150的允许误差为±0.87。
 二、标注公差时: 根据表2-3(1)第7栏(或者第8栏), 查得公差等级为140, 从表2-3(2)公差等级140栏中查得公差为±1.2, 可根据技术要求将公差变为允许误差。

表 2-5

耐冲击聚苯乙烯(HIPS)的成型公差



注:数值是根据美国塑料工业协会(SPI)编制的工程塑料手册换算得来的

表 2-6

各种塑料的精密级公差

ABS	50.8 + 0.67 x
丙烯酸类	50.8 + 0.67 x
PC	50.8 + 0.75 x
HIPS(耐冲击)	50.8 + 0.83 x
GPPS(玻璃增强)	50.8 + 0.67 x
SAN	50.8 + 0.75 x
PVC(硬)	101.6 + 0.75 x
POM	50.8 + 1 x
PA	63.7 + 1.17 x
GFPA(玻璃增强)	50.8 + 1.67 x
PP	88.9 + 1.4 x
HDPE(高密度)	101.6 + 2.6 x
LDPE(低密度)	76.2 + 1.83 x

注:尺寸x在0~150mm范围内(单位1/1000mm)

表 2-7

精密成型制件的尺寸公差(草案)

基本尺寸/mm	PC	ABS	PA	PQM
	最小极限	实用极限	最小极限	实用极限
~0.5	0.003	0.003	0.005	0.01
0.5~1.3	0.005	0.01	0.008	0.025
1.3~2.5	0.008	0.02	0.012	0.04
2.5~7.5	0.01	0.03	0.02	0.06
7.5~12.5	0.015	0.04	0.03	0.08
12.5~25	0.022	0.06	0.04	0.10
25~50	0.03	0.08	0.05	0.15
50~75	0.04	0.10	0.06	0.20
75~100	0.05	0.15	0.08	0.25

二、精密注塑模具设计与制造

精密注塑模具设计与制造对精密塑件的尺寸精度影响很大,在设计时应注意以下几点:

- ① 精密注塑模具温度调节系统的设计(如加热和冷却的方式、温控精度等)。
- ② 模具精度的确定,如模具成型零件工作尺寸的计算、模板的平行度、分型面精度、模腔镶嵌精度的选择与制造精度。
- ③ 模具刚度校核,如凹模壁原确定、结构设计、材料选择及模具整体零件的强度与刚度校核等。
- ④ 模具浇注系统设计的浇口选择、位置选择、断面尺寸确定及主流道和分流道的确定,型腔数和流动距离比计算等。
- ⑤ 模具脱模机构的设计,如脱模机构的选择、顶出位置、顶出零件强度刚度校核、顶出速度及方式等。
- ⑥ 模具制造机加工车间环境、机床精度、材料选择、热处理、量具精度、测量方法和模具精度的耐久性及工人技术水平等。

三、注射成型机的选择

精密注射成型机与普通注射成型机不同,对以下几方面有更严格的要求:模板移动稳定性及刚性、开模闭模控制的准确性、工艺条件测量的准确程度及稳定性、模具安装状态、精度耐久性、油温控制、油污管理、模板平行度及精度、注塑机螺杆形状与头数和加热方式及止逆环形式、喷嘴形式、自动化装置及计量装置和条件自控等。

四、精密注塑成型工艺条件

精密注塑成型对成型工艺应注意实验计划、注射压力、注射量、注射速度、塑化均匀性、螺杆转速及背压、料筒温度、保压压力及时间和多级控制、冷却时间、最佳条件的测定方法、连续运转的稳定性、热平衡状态、成型周期、最佳条件的管理、操作者的训练、制件的

检查等。

五、操作环境及操作者

应注意成型场所的清洁度、温度、湿度、通风以及测量场所、振动及外界干扰等情况,操作者技术知识培训程度及熟练程度。

六、精密注塑制品的测量技术

精密注塑成型制品测量环境清洁度、温度、湿度、测量仪器的选择及误差考虑方法、量具检验标准、精度管理、模具尺寸精度的反馈、使用特性、操作者训练以及统计方法等。

以上诸因素都直接或间接地影响制品的质量及尺寸精度,应引起充分的重视。

第二节 精密注塑工艺对精密注射成型机及模具的要求

一、精密注塑工艺对精密注射成型机的要求

(一) 精密注塑工艺特点

精密注塑成型的主要工艺特点是注射压力高、注射速度快和温度控制必须精确。

1. 注射压力

普通注射所用的注射压力一般为40~200MPa,而对于精密注射则要提高到180~250MPa,在某些特殊情况下甚至要求更高一些(目前最高已达到415MPa),采取这种作法的原因有以下几个。

(1) 提高注射压力可以增大塑料熔体的体积压缩量,使其密度增大,线膨胀系数减小,从而降低制品的收缩率以及收缩率的波动数值。例如对于温度为209℃的聚甲醛,采用60℃的模温和98MPa的注射压力成型壁厚为3mm的制品时,制品的收缩率接近2.5%,当温度和制品条件不变时,将注射压力提高到392MPa,制品的收缩率可降到0.5%左右。

(2) 提高注射压力可使成型时允许使用的流动比增大,因此有助于改善制品的成型性能并能成型超薄壁厚制品。例如,对聚碳酸酯采用177MPa的注射压力时,可成型的制品壁厚为0.2~0.8mm,当注射压力提高到392MPa时,制品的壁厚可降到0.15~0.6mm。

(3) 提高注射压力有助于充分发挥注射速度的功效,这是因为形状复杂的制品一般都必须采用较快的注射速度的缘故,而较快的注射速度又必须靠较高的注射压力来保证。

2. 注射速度

注射成型时,如果采用较快的注射速度,不仅能够成型形状比较复杂的制品,而且还能减小制品的尺寸公差,因此,精密注塑成型制品时,需采用快速注射速度,这一结论目前已经得到实验证实。

3. 温度控制

温度对制品成型质量影响很大,是注塑成型的三大工艺条件之一。对于精密注射来讲,不仅存在温度的高低的问题,而且还存在温度控制精度问题。很显然,在精密注塑成型过程中,如果温度控制得不精确,则塑料熔体的流动性以及制品的成型性能和收缩率