

刘朝福 编著

注塑成型

疑难问题及解答



注塑成型的工艺条件

注塑产品常见缺陷及解决方法

注塑过程常见问题及解决方法

注塑成型实操经验总结



化学工业出版社

注塑成型

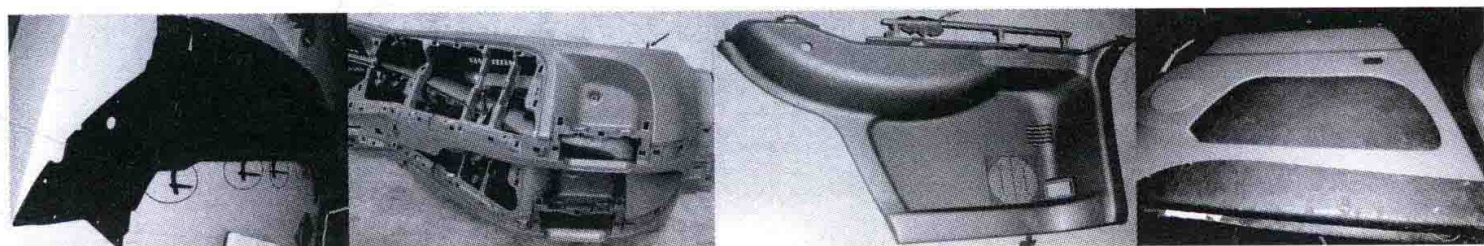
疑难问题及解答

ZHUSU CHENGXING
YINAN WENTI JI JIEDA

- 本书以帮助技术人员解决生产实际中的疑难问题为主要目标。
- 本书根据注塑成型生产的实际情况，着眼于提高注塑成型的质量和效益，详细讲解了塑料原料及选用、注塑成型的工艺条件、注塑产品常见缺陷及解决方法、注塑过程常见问题及解决方法、注塑成型实操经验等内容。
- 本书所列的疑难问题均来自于生产实际，并配有大量直观的照片、图片；针对这些问题提出的解决方法，大都经过实践检验，并进行了理论升华。
- 本书既适合从事注塑生产、塑料制品开发、注塑模具设计等相关工作的工程技术人员使用，也可供高等院校材料成型与控制工程、模具设计与制造等相关专业的师生学习参考。

注塑成型

疑难问题及解答



刘朝福 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

注塑成型疑难问题及解答/刘朝福编著. —北京: 化学工业出版社, 2017. 3

ISBN 978-7-122-29014-4

I. ①注… II. ①刘… III. ①注塑-塑料成型-问题解答 IV. ①TQ320.66-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 024126 号

责任编辑: 贾 娜
责任校对: 宋 玮

文字编辑: 陈 喆
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 中煤 (北京) 印务有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 10 $\frac{3}{4}$ 字数 252 千字 2017 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

塑料作为重要的工程材料，在现代工业生产和生活中发挥着重要的作用。塑料制品具有轻质、美观、绝缘、耐腐蚀、低成本等特性，因此，塑料及其制品的发展极大地提高了人们的工作效率和生活水平。

在塑料的各种成型工艺中，注塑成型是应用最为广泛的一种。实践表明，注塑成型具有材料适用性强、可以一次性成型出结构复杂的制品、工艺条件成熟、制品精度高、生产成本低等优点，因此，注塑成型的制品在塑料制品中所占的比重不断增加，相关的工艺、设备、模具等也得到了快速的发展。

注塑成型过程中，最为头疼的问题之一是出现缺陷产品。缺陷产品的出现不仅影响产品质量和生产效率，而且严重影响作业人员的士气，并极易引发生产、质量控制、模具、维修等部门相互之间的矛盾。因此，如何快速判断注塑成型中出现的各种问题并有效解决这些问题，是从事注塑生产相关工作的工程技术人员需要掌握的技能。

本书根据注塑成型领域从业人员的需求，重点讲解了几个方面的内容：一是塑料的成型机理、常用塑料的特性和注塑性能；二是注塑工艺条件的选择与设置；三是注塑成型中可能出现的各种问题、缺陷及相应的解决方法。本书从生产需求出发，突出实际应用，着眼于提高注塑成型的质量和效益，具有很强的实用性；全书的文字通俗易懂、图表丰富翔实，内容既包含必要的理论，又深入浅出，其中提出的诸多解决问题的方法大都经过了实践检验，具有非常高的实用价值。

本书由桂林电子科技大学信息科技学院的刘朝福编著，在编写过程中，得到了柳州裕信方盛汽车饰件有限公司、广州金发科技有限公司、南京华格塑胶模具有限公司等单位的大力支持，其中徐叔丰、黄美发、杨连发、刘跃峰、何玉林、冯翠云、韦雪岩、史双喜、张燕、程馨、陈婕、秦国华、柏子刚等人也提供了资料或参与了讨论，在此一并表示感谢。

由于水平有限，加上时间紧迫，书中不足之处在所难免，敬请广大读者提出宝贵意见，来信请发电子邮件到 690529692@qq.com。

编著者

第 1 章 塑料原料及其选用

1.1 塑料类型及性能

1.1.1 塑料的类别	1
1.1.2 热塑性塑料的成型特性	2
1.1.3 塑料受热时的三种状态	5
1.1.4 改性塑料及其特性	6

1.2 塑料原料的选用

1.2.1 制品功能要求与成型工艺的平衡	8
1.2.2 塑料原料的检测与辨别方法	9

1.3 塑料制品的成型工艺性要求

1.3.1 壁厚	15
1.3.2 过渡圆角	16
1.3.3 加强筋	16
1.3.4 孔	17
1.3.5 螺纹	17
1.3.6 嵌件	17
1.3.7 压花	18
1.3.8 塑料制品自攻螺钉预留底孔直径	19
1.3.9 塑料制品尺寸公差值	19

第 2 章 注塑成型的工艺条件

2.1 注塑成型的原理与工艺流程

2.1.1 注塑成型的原理	21
2.1.2 塑料在注塑成型过程中的变化	22

2.2 注塑成型的工艺条件

2.2.1 注射压力	24
2.2.2 保压压力	24
2.2.3 螺杆的背压	26
2.2.4 锁模力	26

2.2.5	料筒温度	27
2.2.6	模具温度	28
2.2.7	注射速率	28
2.2.8	注射量	29
2.2.9	螺杆的射出位置	29
2.2.10	注射时间	29
2.2.11	冷却时间	30
2.2.12	螺杆转速	30
2.2.13	防延量(螺杆松退量).....	31
2.2.14	残料量	31
2.2.15	注塑过程模腔压力的变化	31
2.2.16	注塑成型过程中时间、压力、温度分布	34
2.2.17	设定工艺参数的一般流程与要点	34

2.3 注塑成型的准备工作

2.3.1	塑料的配色	38
2.3.2	塑料的干燥	39
2.3.3	嵌件的预热	40
2.3.4	脱模剂的选用	40

2.4 多级注射成型工艺

2.4.1	注射速度对熔体充模的影响	40
2.4.2	多级注射成型的工艺原理	42
2.4.3	多级注射成型的工艺设置	44

2.5 塑件的后期处理

2.5.1	退火处理	48
2.5.2	调湿处理	48

第 3 章 注塑产品常见缺陷及解决方法

3.1 注塑产品常见缺陷及解决方法

3.1.1	缺料（欠注）及解决方法	50
3.1.2	缩水及解决方法	53
3.1.3	鼓包及解决方法	55
3.1.4	缩孔（真空泡）及解决方法	55
3.1.5	溢边（飞边、批锋）及解决方法	56
3.1.6	熔接痕及解决方法	58
3.1.7	气泡（气穴）及解决方法	65
3.1.8	翘曲（变形）及解决方法	67

3.1.9	收缩痕及解决方法	70
3.1.10	银纹（银丝、料花）及解决方法	71
3.1.11	水波纹及解决方法	73
3.1.12	喷射纹（蛇形纹）及解决方法	74
3.1.13	虎皮纹及解决方法	77
3.1.14	气纹（阴影）及解决方法	81
3.1.15	黑纹（黑条）及解决方法	81
3.1.16	发脆及解决方法	82
3.1.17	裂纹（龟裂）及解决方法	83
3.1.18	烧焦（炭化）及解决方法	85
3.1.19	黑点及解决方法	86
3.1.20	顶白（顶爆）及解决方法	86
3.1.21	拉伤（拖花）及解决方法	88
3.1.22	色差及解决方法	89
3.1.23	混色及解决方法	91
3.1.24	表面光泽不良及解决方法	92
3.1.25	透明度不足及解决方法	92
3.1.26	表面浮纤及解决方法	93
3.1.27	尺寸超差及解决方法	93
3.1.28	起皮及解决方法	94
3.1.29	冷料斑及解决方法	94
3.1.30	塑件强度不足及解决方法	95
3.1.31	金属嵌件不良及解决方法	95
3.1.32	通孔变盲孔及解决方法	96
3.1.33	内应力过大及解决方法	97
3.1.34	光斑（鬼影）及解决方法	97
3.1.35	包胶不牢及解决方法	98
3.1.36	制品尺寸不稳定及解决方法	100
3.1.37	白点及解决方法	101
3.1.38	冷胶残留及解决方法	101
3.1.39	不规则沉坑及解决方法	102



3.2 产品缺陷的分析与处理

3.2.1	制品缺陷的调查与了解	103
3.2.2	处理制品缺陷的 DAMIC 流程	104
3.2.3	系统性验证与分析方法	104
3.2.4	用鱼刺图法查找缺陷原因	104

第 4 章 注塑过程常见问题及解决方法

4.1 注塑过程常见问题及解决方法

4.1.1 下料不顺畅及解决方法 106

4.1.2 塑化时噪声过大及解决方法 106

4.1.3 螺杆打滑及解决方法 107

4.1.4 喷嘴堵塞及解决方法 107

4.1.5 喷嘴流延及解决方法 107

4.1.6 喷嘴漏胶及解决方法 108

4.1.7 压模及解决方法 108

4.1.8 制品粘前模及解决方法 108

4.1.9 水口料（流道凝料）粘模及解决方法 109

4.1.10 水口（主流道前端部）拉丝及解决方法 109

4.1.11 开模困难及解决方法 109

4.1.12 热流道引起的困气及解决方法 110

4.1.13 成型周期过长及解决方法 110

4.1.14 其他异常现象的解决方法 111

4.2 注塑过程的管理

4.2.1 注塑产品检测与检验 112

4.2.2 开机前的准备工作 114

4.2.3 注塑过程的操作规范 115

4.2.4 注塑白色或透明产品时的特别措施 115

4.2.5 机位上水口料（流道凝料）的管理 116

4.2.6 水口料（流道凝料）回收使用管理 117

4.2.7 注塑生产的组织与日常管理 117

第 5 章 注塑成型实操经验总结

5.1 关于提高注塑产品的质量的几点经验

5.1.1 应针对不同的塑料选择不同类型的螺杆 119

5.1.2 留意影响注塑质量的三个塑料指标 123

5.1.3 留意影响注塑质量的几个工艺参数 124

5.1.4 注意区分注射和保压的关系 132

5.2 注塑工艺调整方法与技巧总结

5.2.1 通过调节温度可以控制生产中塑件的颜色 133

5.2.2 生产中造成颜色不稳定的关键因素 134

5.2.3 配色颜料对注塑件强度的影响 134

5.2.4	提高塑件尺寸精度的注塑工艺	135
5.2.5	厚壁塑件缩水难题的解决技巧	135
5.2.6	缩水问题难以解决时需留意的三个工艺条件	136
5.2.7	大尺寸平面状塑件变形问题的解决技巧	137
5.2.8	注塑件外表面在柱位缩凹严重时的解决方法	138
5.2.9	透明的厚壁塑件注塑成型应注意的问题	138
5.2.10	镜面标识 (Logo) 出现熔体冲击痕的改善之法	139
5.2.11	保证注塑件表面光洁的重要工艺条件	140
5.2.12	两个易造成溢边、顶白而又不易引起注意的事项	140
5.2.13	注塑件溢边、顶白严重时的调机方法	141
5.2.14	需要快速充填时防止产生气纹的多级调机技巧	141
5.2.15	预防透明塑件和浅色塑件黑点多的方法	142
5.2.16	浇口处容易产生气纹或射纹的原因	143
5.2.17	PC 料注塑件产生浇口气纹难题的解决措施	144
5.2.18	PC 料塑件产生缩孔问题却很难解决的原因及其措施	144
5.2.19	PC 料的注塑件变脆和起白雾的原因及其工艺问题	145
5.2.20	PC 件的浇口气纹成为注塑难题的原因分析	146
5.2.21	大尺寸 PVC 塑件水波纹和熔接痕难解决的原因分析	146
5.2.22	从模具角度解决大尺寸注塑件水波纹难题的有效措施	146
5.2.23	厚大 PVC 注塑件水波纹和熔接痕难题的调机技巧	147
5.2.24	PVC 料注塑件熔接痕和水波纹问题的改善措施	149
5.2.25	关于困气的几个问题及其改善措施	151
5.2.26	解决熔体逆流造成的“回包”困气难题的调机方法	152
5.2.27	各模腔充填严重不均衡时的调机方法	153
5.2.28	K 料注塑成型时顶针容易折断的应对措施	153
5.2.29	拆装大型模具后导柱与导套容易咬合的原因	154
5.2.30	电镀过的模具在注塑时制品出现拖花现象的解决方法	154
5.2.31	哑光面注塑件出现光斑时的现场处理办法	154
5.2.32	不利于注塑生产的两种滑块 (行位) 结构	155
5.2.33	调整各型腔充填速度的应用与技巧	155
5.2.34	使用长型喷嘴容易引发的问题及其补救措施	156
5.2.35	注塑生产中防止注塑件喷油、电镀不良的控制措施	156
5.2.36	解决低硬度软质塑件喷油后掉油的有效措施	157
5.2.37	注塑件生产与喷油模具的配合问题及解决方法	157
5.2.38	需要喷银色油漆的注塑件配合调机的方法	158
5.2.39	大尺寸塑件浇口布局实例	159

参 考 文 献

塑料原料及其选用

1.1 塑料类型及性能

1.1.1 塑料的类别

为了方便对塑料进行研究和使用的需要，需要从不同的角度对塑料进行分类。常见的分类方法有以下两种：一是根据塑料受热后的性能特点，可将塑料分为热塑性塑料和热固性塑料两大类。

(1) 热塑性塑料

热塑性塑料中高聚物的分子结构呈线型或支链状结构，常称为线性聚合物。它在加热时可塑制成一定形状的塑件，冷却后保持已定形的形状。如再次加热，又可软化熔融，可再次制成一定形状的塑件，可反复多次进行，具有可逆性。在上述成型过程中一般无化学变化，只有物理变化。

由于热塑性塑料是能反复加热软化和冷却硬化的材料，因此热塑性塑料可经加热熔融而反复固化成型，所以热塑性塑料的废料通常可回收再利用，即有所谓的“二次料”之称。

(2) 热固性塑料

热固性塑料在受热之初也具有链状或树枝状结构，同样具有可塑性和可熔性，可塑制成一定形状的塑件。当继续加热时，这些链状或树枝状分子主链间形成化学键结合，逐渐变成网状结构（称之为交联反应）。当温度升高到达一定值后，交联反应进一步进行，分子最终变为体型结构，成为既不熔化又不溶解的物质（称为固化）。当再次加热时，由于分子的链与链之间产生了化学反应，塑件形状固定下来不再变化。塑料不再具有可塑性，直到在很高的温度下被烧焦炭化，其具有不可逆性。在成型过程中，既有物理变化又有化学变化。由于热固性塑料具有上述特性，故加工中的边角料和废品不可回收再生利用。

显然，热固性塑料的耐热性能比热塑性塑料好。常用的酚醛、三聚氰胺-甲醛、不饱和聚酯等均属于热固性塑料。

由于固化定形后的热固性塑料即使继续加热也无法改变其状态，也就无法再次变成熔融状态。因此，热固性塑料无法经过再加热来反复成型，所以热固性塑料的废料通常是不可回收再利用的。

二是根据塑料的具体使用场合及特点，一般可以将塑料分为通用塑料、工程塑料和特

种塑料三类。

(1) 通用塑料

通用塑料一般指产量大、用途广、性能相对比较低、价格低廉的一类塑料，如：聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯、酚醛塑料、氨基塑料等，它们约占塑料总产量的60%。

(2) 工程塑料

工程塑料是指可以作为结构材料的塑料，它与通用塑料并没有明显的界限，工程塑料的强度、耐冲击性、耐热性、硬度及抗老化性等性能都比较好，可替代部分金属材料来用作工程材料，如尼龙、聚碳酸酯、聚甲醛、ABS等。

(3) 特种塑料

指那些具有特殊功能、适合某种特殊场合用途的塑料，主要有医用塑料、光敏塑料、导磁塑料、超导电塑料、耐辐射塑料、耐高温塑料等。其主要成分是树脂，有的是专门合成的树脂，也有一些是采用上述通用塑料和工程塑料用树脂经特殊处理或改性后获得特殊性能的。这类塑料产量小，性能优异，价格昂贵。

1.1.2 热塑性塑料的成型特性

塑料与成型工艺、成型质量有关的各种性能，统称为塑料的工艺性能。对塑料的工艺性能的了解和掌握的程度，直接关系到塑料能否顺利成型和保证塑件质量，同时也影响着模具的设计要求，下面分别介绍热塑性塑料和热固性塑料成型的主要工艺性能和要求。

热塑性塑料的成型工艺性能除了热力学性能、结晶性、取向性外，还有收缩性、流动性、热敏性、水敏性、吸湿性、相容性等。

(1) 收缩性

塑料通常是在高温熔融状态下充满模具型腔而成型的。当塑件从塑模中取出冷却到室温后，其尺寸会比原来在塑模中的尺寸减小，这种特性称为收缩性。它可用单位长度塑件收缩量的百分数来表示，即收缩率(S)。

由于这种收缩不仅是塑件本身的热胀冷缩造成的，而且还与各种成型工艺条件及模具因素有关，因此成型后塑件的收缩称为成型收缩。可以通过调整工艺参数或修改模具结构，以缩小或改变塑件尺寸的变化情况。

成型收缩分为尺寸收缩和后收缩两种形式，都具有方向性。

① 塑件的尺寸收缩。由于塑件的热胀冷缩以及塑件内部的物理化学变化等原因，导致塑件脱模冷却到室温后发生的尺寸缩小现象，为此在设计模具的成型零部件时必须考虑通过设计对它进行补偿，避免塑件尺寸出现超差。

② 塑件的后收缩。塑件成型时，因其内部物理、化学及力学变化等因素产生一系列应力，塑件成型固化后存在残余应力，塑件脱模后，因各种残余应力的作用将会使塑件尺寸产生再次缩小的现象。通常，一般塑件脱模后10h内的后收缩较大，24h后基本定型，但要达到最终定型，则需要很长时间，一般热塑性塑料的后收缩大于热固性塑料。注塑和压注成型的塑件后收缩大于压缩成型塑件。

为稳定塑件成型后的尺寸，有时根据塑料的性能及工艺要求，塑件在成型后需进行热处理，热处理后也会导致塑件的尺寸发生收缩，称为后处理收缩。在对高精度塑件的模具设计时应补偿后收缩和后处理收缩产生的误差。

③ 塑件收缩的方向性。塑料在成型过程中，高分子沿流动方向的取向效应会导致塑件的各向异性，塑件的收缩必然会因方向的不同而不同：通常沿料流的方向收缩大、强度高，而与料流垂直的方向收缩小、强度低。同时，由于塑件各个部位添加剂分布不均匀、密度不均匀，故收缩也不均匀，从而使塑件收缩产生收缩差，容易造成塑件产生翘曲、变形甚至开裂。

知识拓展

塑件成型收缩率分为实际收缩率与计算收缩率，实际收缩率表示模具或塑件在成型温度下的尺寸与塑件在常温下的尺寸之间的差别，计算收缩率则表示在常温下模具的尺寸与塑件的尺寸之间的差别。计算公式如下：

$$S' = \frac{L_c - L_s}{L_s} \times 100\% \quad (1-1)$$

$$S = \frac{L_m - L_s}{L_s} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 S' ——实际收缩率；

S ——计算收缩率；

L_c ——塑件或模具在成型温度时的尺寸；

L_s ——塑件在常温时的尺寸；

L_m ——模具在常温时的尺寸。

因实际收缩率与计算收缩率数值相差很小，所以在普通模具、小模具设计时常采用计算收缩率来计算型腔及型芯等的尺寸，而在大型、精密模具设计时一般采用实际收缩率来计算型腔及型芯等的尺寸。

经验总结

在实际成型时，不仅不同塑料品种的收缩率不同，而且同一品种塑料的不同批号或同一塑件的不同部位的收缩值也常常不同。影响收缩率变化的主要因素有以下四个方面。

① 塑料的品种 各种塑料都有其各自的收缩率范围，但即使是同一种塑料由于相对分子质量、填料及配比等不同，则其收缩率及各向异性也各不相同。

② 塑件结构 塑件的形状、尺寸、壁厚、嵌件数量及布局等，对收缩率值有很大影响。一般塑件壁厚越大收缩率越大，形状复杂的塑件小于形状简单的塑件的收缩率，有嵌件的塑件因嵌件阻碍和激冷收缩率减小。

③ 模具结构 塑模的分型面、加压方向及浇注系统的结构形式、布局及尺寸等直接影响料流方向、密度分布、保压补缩作用及成型时间，对收缩率及方向性影响很大，尤其是挤出和注塑成型更为突出。

④ 成型工艺条件 模具的温度、注射压力、保压时间等成型条件对塑件收缩均有较大影响。模具温度高，熔料冷却慢、密度大、收缩大。尤其对于结晶型塑料，因其体积变化大，其收缩更大。模具温度分布均匀程度也直接影响塑件各部分收缩量的大小和方向性。注射压力高，熔料黏度差小，脱模后弹性恢复大，收缩减小。保压时间长则收缩小，但方向性明显。

由于收缩率不是一个固定值，而是在一定范围内波动，收缩率的变化将引起塑件尺寸变化，因此，在模具设计时应根据塑料的收缩范围、塑件壁厚、形状、进料口形式、尺寸、位置、成型因素等综合考虑确定塑件各部位的收缩率。注塑精度要求高的塑件时应选取收缩率波动范围小的塑料，并留有修模余地，试模后逐步修正模具，以达到塑件尺寸、精度的要求。

(2) 流动性

在成型过程中，塑料熔体在一定的温度、压力下充填模具型腔的能力称为塑料的流动性。塑料流动性的好坏，在很大程度上直接影响成型工艺的参数，如成型温度、压力、周期、模具浇注系统的尺寸及其他结构参数。在决定塑件大小和壁厚时，也要考虑流动性的影响。

流动性的大小与塑料的分子结构有关，具有线型分子而没有或很少有交联结构的树脂流动性大。塑料中加入填料，会降低树脂的流动性；而加入增塑剂或润滑剂，则可增加塑料的流动性。塑件合理的结构设计也可以改善流动性，例如在流道和塑件的拐角处采用圆角结构时会改善熔体的流动性。

塑料的流动件对塑件质量、模具设计以及成型工艺影响很大，流动性差的塑料，不容易充满型腔，易产生缺料或熔接痕等缺陷，因此需要较大的成型压力才能成型。相反，流动性好的塑料，可以用较小的成型压力充满型腔。但流动性太好，会在成型时产生严重的溢料飞边。因此，在塑件成型过程中，选用塑件材料时，应根据塑件的结构、尺寸及成型方法选择适当流动性的塑料。以获得满意的塑件。此外，模具设计时应根据塑料流动性来考虑分型面和浇注系统及进料方向；选择成型温度时也应考虑塑料的流动性。



经验总结

按照注塑成型机模具设计要求，热塑性塑料的流动性可分为三类：

① 流动性好的塑料 如聚酰胺、聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、醋酸纤维素和聚甲基戊烯等。

② 流动性中等的塑料 如改性聚苯乙烯、ABS、AS、聚甲基丙烯酸甲酯、聚甲醛和氯化聚醚等。

③ 流动性差的塑料 如聚碳酸酯、硬聚氯乙烯、聚苯醚、聚砜、聚芳砜和氟塑料等。

塑料流动性的影响因素主要有：

① 温度 料温高，则塑料流动性增大，但料温对不同塑料的流动性影响各有差异，聚苯乙烯、聚丙烯、聚酰胺、聚甲基丙烯酸甲酯、ABS、AS、聚碳酸酯、醋酸纤维素等塑料流动性受温度变化的影响较大；而聚乙烯、聚甲醛的流动性受温度变化的影响较小。

② 压力 注射压力增大，则熔料受剪切作用大，流动性也增大，尤其是聚乙烯、聚甲醛对压力变化十分敏感。但过高的压力会使塑件产生应力，并且会降低熔体黏度，形成飞边。

③ 模具结构 浇注系统的形式、尺寸、布置、型腔表面粗糙度、浇道截面厚度、型腔形式、排气系统、冷却系统设计、熔料流动阻力等因素都直接影响熔料的流动性。

(3) 热敏性

各种塑料的化学结构在热量作用下均有可能发生变化，某些热稳定性差的塑料，在料温高和受热时间长的情况下就会产生降解、分解、变色的现象，这种对热量的敏感程度称

为塑料的热敏性。热敏性很强的塑料（即热稳定性很差的塑料）通常简称为热敏性塑料。如硬聚氯乙烯、聚三氟氯乙烯、聚甲醛、聚三氟氯乙烯等。这种塑料在成型过程中很容易在不太高的温度下发生热分解、热降解或在受热时间较长的情况下发生过热降解，从而影响塑件的性能和表面质量。

热敏性塑料熔体在发生热分解或热降解时，会产生各种分解物，有的分解物会对人体、模具和设备产生刺激、腐蚀或带有一定毒性；有的分解物还是加速该塑料分解的催化剂，如聚氯乙烯分解产生氮化氢，能起到进一步加剧高分子分解的作用。

为了避免热敏性塑料在加工成型过程中发生热分解现象，在模具设计、选择注塑机及成型时，可在塑料中加入热稳定剂；也可采用合适的设备（螺杆式注塑机），严格控制成型温度、模温、加热时间、螺杆转速及背压等；及时清除分解产物，设备和模具应采取防腐等措施。

(4) 水敏性

塑料的水敏性是指它在高温、高压下对水降解的敏感性。如聚碳酸酯即是典型的水敏性塑料。即使含有少量水分，在高温、高压下也会发生分解。因此，水敏性塑料在成型前必须严格控制水分含量，进行干燥处理。

(5) 吸湿性

吸湿性是指塑料对水分的亲疏程度。根据此特性塑料大致可分为两类：一类是具有吸水或黏附水分性能的塑料，如聚酰胺、聚碳酸酯、聚砜、ABS等；另一类是既不吸水也不易黏附水分的塑料，如聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛等。

凡是具有吸水性倾向的塑料，如果在成型前水分没有去除，含量超过一定限度，那么在成型加工时，水分将会变为气体并促使塑料发生分解，导致塑料起泡和流动性降低，使成型变得困难，而且使塑件的表面质量和力学性能降低。因此，为保证成型的顺利进行和塑件的质量，对吸水性和黏附水分倾向大的塑料，在成型前必须除去水分，进行干燥处理，必要时还应在注塑机的料斗内设置红外线加热装置。

(6) 相容性

相容性是指两种或两种以上不同品种的塑料，在熔融状态下不产生相分离现象的能力。

如果两种塑料不相容，则在混熔时制件会出现分层、脱皮等表面缺陷。不同塑料的相容性与其分子结构有一定关系，分子结构相似者较易相容，例如高压聚乙烯、低压聚乙烯、聚丙烯彼此之间的混熔等；分子结构不相似者较难相容，例如聚乙烯和聚苯乙烯之间的混熔。塑料的相容性又俗称为共混性。通过塑料的这一性质，可以得到类似共聚物的综合性能，是改进塑料性能的重要途径之一。

1.1.3 塑料受热时的三种状态

塑料的物理、力学性能与温度密切相关，温度变化时，塑料的受力情况会发生变化，呈现出不同的物理状态，表现出分阶段的力学性能特点。塑料在受热时的物理状态和力学性能对塑料的成型加工有着非常重要的意义。

(1) 热塑性塑料在受热时的三种状态

受到塑料的主要成分高聚合物的影响，热塑性塑料在受热时常存在的物理状态为：玻璃态（结晶聚合物亦称结晶态）、高弹态和黏流态。热塑性塑料在受热时的变形程度与温

度关系的曲线，也称热力学曲线，如图 1-1 所示。

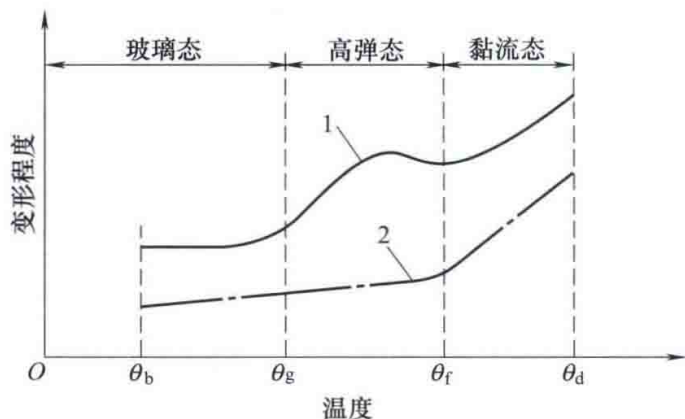


图 1-1 热塑性塑料热力学曲线

1—线型无定形聚合物；2—线型结晶聚合物

① 玻璃态 塑料处于温度 θ_g 以下时，为坚硬的固体，是大多数塑件的使用状态。 θ_g 称为玻璃化温度，是多数塑料使用温度的上限。 θ_b 是聚合物的脆化温度，低于 θ_b 下的某一温度，塑料容易发生断裂破坏，这一温度称为脆化温度，是塑料使用的下限温度。

处于玻璃态的塑料一般不适合进行大变形的加工，但可以进行诸如车、铣、钻等切削加工。

② 高弹态 当塑料受热温度超过 θ_g 时，塑料出现橡胶状态的弹性体，称之为高弹态。处于这一状态下的塑料，其塑性变形能力大大增强，形变可逆。在这种状态下的塑料，可进行真空成型、中空成型、弯曲成型和压延成型等。由于此时的变形是可逆的，为了使塑件定形，成型后应立即把塑件冷却到 θ_g 以下的温度。

③ 黏流态 当塑料受热温度超过 θ_f 时，塑料出现明显的流动状态，塑料变成黏流的液体，通常我们称之为熔体。塑料在这种状态下的变形不再具有可逆性质，一经成型和冷却后，其形状就将永远保持下来。 θ_f 称为黏流化温度，是聚合物从高弹态转变为黏流态（或黏流态转变为高弹态）的临界温度。

当塑料继续加热，温度达到 θ_d 时，塑料开始分解变色，塑料的性能迅速恶化。 θ_d 称为热分解温度，是聚合物在高温下开始分解的临界温度。所以， θ_f 和 θ_d 是塑料成型加工的重要参考温度， $\theta_f \sim \theta_d$ 的范围越宽，塑料成型加工时的工艺就越容易调整。

(2) 热固性塑料在受热时的物理状态

热固性塑料在受热时，由于伴随着化学反应，它的物理状态变化与热塑性塑料有明显不同。开始加热时，与热塑性塑料相似，加热到一定温度后，很快由固态变成黏流态，这使它具有成型的性能。但这种流动状态存在的时间很短，很快由于化学反应的作用，塑料硬化变成坚硬的固体，再加热后仍不能恢复，化学反应继续进行，塑料还是坚硬的固体。当温度升到一定值时，塑料开始分解。

1.1.4 改性塑料及其特性

由于塑料的基础成分合成树脂本身力学性能不足，同时在合成新材料方面可能存在技术上的困难或投资过大；因此，工业上可一般通过对塑料进行改性以达到投资少、品种多的要求。

对塑料进行改性的目的不一，常用的有提高塑料的稳定性、阻燃、消烟、着色，提高力学性能，提高热力学性能，提高成型加工性能等。常用的目的及技术如下。

① 增强：将玻璃纤维等与塑料共混以增加塑料的机械强度。

② 填充：将矿物等填充物与塑料共混，使塑料的收缩率、硬度、强度等性质得到改变。

③ 增韧：通过给普通塑料加入增韧剂共混以提高塑料的韧性；增韧改性后的产品有

铁轨垫片等。

④ 阻燃：给普通塑料树脂里面添加阻燃剂，即可使塑料具有阻燃特性；阻燃剂可以是一种或者是几种阻燃剂的复合体系，如溴+锑系、磷系、氮系、硅系以及其他无机阻燃体系。

⑤ 耐寒：增加塑料在低温下的强度和韧性：一般塑料固有的低温脆性使其在低温环境中应用受限，需要添加一些耐低温增韧剂以改变塑料在低温下的脆性；例如汽车保险杠等塑件，一般要求耐寒。

塑料经不同的工艺改性后，其性能亦发生较大的变化，具体的如表 1-1 所示。

■ 表 1-1 常见改性剂对塑料性能的影响

项目	流动性	耐热性	拉伸强度	弯曲模量	冲击强度	收缩率	硬度	外观	加工性能
玻纤	↓	↑	↑	↑	↓	↓	↑	变差	变差、翘曲变形
滑石粉	↑	↑	↑	↑	↓	↓		变差	高填充有影响
阻燃剂	↓	↓	↓	↓	↓	变化不大	—	变差	易分解变色
增韧剂	不定	↓	↓	↓	↑	不定	↓	不定	流动性变差
硫酸钡	变化不大	↑	变化不大	↑	↓	变化不大	↑	变好	高填充有影响
合金化	不定,视材料而定								一般流动性变好
着色	一般无影响,极个别材料有影响					不变	不变	美观	色差

工业上，常见塑料的改性方法及改性后的效果如表 1-2 所示。

■ 表 1-2 常见塑料的改性方法及效果

名称	改性方法	收缩率 /(1/1000)	HDT/℃	流动性 /(g/10min)	主要特点		
PP (聚丙烯)	+T10-40%	7~14	100~130	2~40	①改性 PP 的收缩率波动较大,在 5%~20% ②易加工、流动性好(180~230℃) ③阻燃 PP 对加工温度有限定(≤210℃) ④力学性能一般(与工程塑料相比)		
	+碳酸钙	12~18					
	+硫酸钡	10~16					
	+玻纤增强	5	150	一般			
	阻燃 PP	11~16	—	—			
PS (聚苯乙烯)	+阻燃	4~6 (2~5)	80~90	流动性一般	①加工性一般 ②阻燃类加工温度有严格要求 ③耐热性一般,不及 PP 类		
ABS	+阻燃						
PBT	+玻纤/阻燃	11~14 (纵向:2~4 横向:9~12)	58 (210)	流动性差	①属于难加工类:对注塑工艺要求严格,加工前一般需要进行干燥 ②加工温度较高(250~300℃以上) ③阻燃类加工温度有严格要求 ④力学性能很好的结构件 ⑤耐热性较好		
PA6 (尼龙 6)	+玻纤/阻燃	12~16 (纵向:2~4 横向:9~12)	70~80(210)				
	+POE:合金		100(240)				
PC (聚碳酸酯)	+玻纤/阻燃	5~7 (2~5)	135(150)				
	+ABS,即 PC/ABS 合金						

1.2 塑料原料的选用

1.2.1 制品功能要求与成型工艺的平衡

塑料原料会影响到塑件的使用性能、塑件的成型工艺、塑件的生产成本以及塑件的质量。目前为止，作为原材料的合成树脂种类已达到上万种，实现工业化生产的也不下千余种。但实际上并不是所有工业化的合成树脂品种都获得了具体应用，在具体应用中，最常用的树脂品种只有二、三十种。因此，我们所说的塑料材料的选用，一般只局限于二十多个品种之间。

在实际选用过程中，有些塑料在性能上十分接近，难分伯仲，需要多方考虑、反复权衡，才可以确定下来。因此，塑料材料的选用是一项十分复杂的工作，缺乏可遵循的规律。对于某一塑件，从选材这个角度应从以下因素中考虑。

(1) 选用的塑料要达到制品功能的要求

要充分了解塑件的使用环境和实际使用要求，主要从以下几个方面考虑：

① 塑料的力学性能 如强度、刚性、韧性、弹性、弯曲性能、冲击性能以及对应力的敏感性等是否满足使用要求。

② 塑料的物理性能 如对环境温度变化的适应性、光学特性、绝热或电气绝缘的程度、精加工和外观的完美程度等是否满足使用要求。

③ 塑料的化学性能 如接触物（水、溶剂、油、药品）的耐性以及使用上的安全性等是否满足使用要求。

根据材料性能数据选材时，塑料和金属之间有明显的差别。对金属而言，其性能数据基本上可用于材料的筛选和制品设计。但对具有黏弹性的塑料却不一样，各种测试标准和文献记载的聚合物性能数据是在许多特定条件下测定的，通常是在短时期作用力或者指定温度或低应变速率下测定的，这些条件可能与实际工作状态差别较大，尤其不适于预测塑料的使用强度和对升温的耐力，所有的塑料选材在引用性能数据时一定要注意与使用条件和使用环境是否相吻合，如不吻合则要把全部所引用数据转换成与实际使用性能有关的工程性能，并根据要求的性能进行选材。

(2) 塑料工艺性能要满足成型工艺的要求

材料的工艺性能对成型工艺能否顺利实施、模具结构的确定和产品质量的影响很大，在选材时要认真分析材料的工艺性能，如塑料的收缩率的大小、各向收缩率的差异、流动性、结晶性、热敏性等，以便正确制定成型工艺及工艺条件、合理设计模具结构。

(3) 考虑塑料的成本

选用塑料材料时，要首选成本低的材料以便制成物美价廉的塑件，提高在市场上的竞争力。塑件的成本主要包括原料的价格、加工费用、使用寿命、使用维护费等。

在实际生产中，找出了一些选用塑料材料的规律，我们将这些规律作为塑料材料的选用原则。

① 一般质轻、比强度高的结构零件用塑料 一般结构零件，例如罩壳、支架、连接件、手轮、手柄等，通常只要求具有较低的强度和耐热性能，有的还要求外观漂亮，这类零件批量较大，要求有低廉的成本，大致可选用的塑料有：改性聚苯乙烯、低价聚乙烯、

聚丙烯、ABS等。其中前三种塑料经玻璃纤维增强后能显著提高机械强度和刚性，还能提高热变形温度。在精密、综合性能要求好的塑件中，使用最普遍的是ABS。

有时，也采用一些综合性能更好的塑料来达到某一项较高的性能指标，如尼龙1010和聚碳酸酯等。

② 耐磨损传动零件用塑料 这类零件要求有较高的强度、刚性、韧性、耐磨损和耐疲劳性，并有较高的热变形温度，如各种轴承、齿轮、凸轮、蜗轮、蜗杆、齿条、辊子、联轴器等。优先选用的塑件有MC尼龙、聚甲醛、聚碳酸酯；其次是聚酚氧、氯化聚醚、线性聚酯等。其中MC尼龙可在常压于模具内快速聚合成型，用来制造大型塑件。各种仪表中的小模数齿轮可用聚碳酸酯制造；聚酚氧特别适用于精密零件及外形复杂的结构件；而氯化聚醚可用作腐蚀性介质中工作轴承、齿轮等，以及摩擦传动零件与涂层。

③ 减摩自润滑零件用塑料 这类零件一般受力较小，对机械强度要求往往不高，但运动速度较高，要求具有低的摩擦系数，如活塞环、机械运动密封圈、轴承和装卸用箱框等。这类零件选用的材料为聚四氟乙烯和各种填充物的聚四氟乙烯以及用聚四氟乙烯粉末或纤维填充的聚甲醛、低压聚乙烯。

④ 耐腐蚀零件用塑料 塑料具有很高的耐腐蚀性，其耐腐蚀性仅次于玻璃及陶瓷材料，一般要比金属好。不同品种塑料的耐腐蚀性不同，大多数塑料不耐强酸、强碱及强氧化剂。要求耐强酸、强碱及强氧化剂的，则应选各种氟塑料，如聚四氟乙烯、聚全氟乙丙烯、聚三氟乙烯及聚偏氟乙烯等。一些化工管道、容器及需要润滑的结构部件都宜应用耐腐蚀塑料材料制造。

⑤ 耐高温零件用塑料 一般结构零件和耐磨损传动零件所选用的塑料，大都只能在80~150℃温度下工作，当受力较大时，只能在60~80℃工作，对耐高温零件的塑料，除了有各种氟塑料外，还有聚苯醚、聚酰亚胺、芳香尼龙等，它们大都可以在150℃以上工作，有的还可以在260~270℃下长期工作。

⑥ 光学用塑料 目前光学塑料已有十余种，可根据不同用途选用。常有的光学塑料有聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸酯、聚苯乙烯、聚甲基戊烯-1、聚丙烯、烯丙基二甘醇碳酸酯、苯乙烯丙烯酸酯共聚物、丙烯腈共聚物等。另外，环氧树脂、硅树脂、聚硫化物、聚酯、透明聚酰胺等也是可供选择的光学材料。光学塑料在军事上已应用于夜视仪器、飞行器的光学系统、全塑潜望镜、三防（核、化学、生物）保护眼镜等。在民用领域，也已应用于照相机、显微镜、望远镜、各种眼镜、复印机、传真机、激光打印机等设备。

选择光学材料的主要依据是光学性能，即投射率、折射率、散射及对光的稳定性。因使用条件的不同，还应考虑其他方面的性能，如耐热、耐磨损、抗化学侵蚀及电性能等。

充分考虑塑料制品的成型工艺性，如塑料熔体的流动性等。

在保证使用要求的前提下，塑料制品的形状应有利于充模、排气和补缩，同时能适应高效冷却硬化。

塑料设计应考虑成型模具的总体结构，特别是抽芯与脱出制品的复杂程度，同时应充分考虑模具零件的形状及制造工艺，以便使制品具有较好的经济性。

塑料制品设计的主要内容是零件的形状、尺寸、壁厚、孔、圆角、加强筋、螺纹、嵌件、表面粗糙度的设计。

1.2.2 塑料原料的检测与辨别方法

反映塑料熔体流动性能的指标是熔融指数，可以用MI或MFR来标示，前者是英文

“Melt Index” 的缩写，后者是 “Melt Flow Rate”（熔体流动速率）的缩写，此外还可以用 MVR（Melt Volume Rate，熔体体积流动速率）来测定和标示。

熔融指数（MI），也称熔体流动速率（MFR），其定义为：在规定条件下，一定时间内挤出的热塑性物料的量，也即熔体每 10min 通过标准口模毛细管的质量，单位为 g/10min。熔体流动速率可表征热塑性塑料在熔融状态下的黏流特性，对保证热塑性塑料及其制品的质量与调整生产工艺，都有重要的指导意义。

近年来，熔体流动速率仪从“质量”的概念上，又引伸到“体积”的概念上，即增加了熔体体积流动速率。其定义为：熔体每 10min 通过标准口模毛细管的体积，用 MVR（Melt Volume Rate，熔体体积流动速率）表示，单位为 cm³/10min。这样就从体积的角度出发，对表征热塑性塑料在熔融状态下的黏流特性以及调整生产工艺，又提供了一个科学的指导参数。对于原先的熔体流动速率，则明确地称其为熔体质量流动速率，仍记为 MFR。

熔体质量流动速率与熔体体积流动速率已在最近的 ISO 标准中明确提出，我国的标准也将作相应修订，而在进出口业务中，熔体体积流动速率的测定也将很快得到应用。

塑料熔融指数 MI（MFR）的测试装置如图 1-2 所示，具体的试验方法如下：在规定的温度与荷重下，测定熔融状态下的塑料材料在 10min 内通过某规定模孔的流量，即：

$$MI = \frac{\text{测定量(g)}}{\text{测定时间(s)}} \times 600(\text{g/10min})$$

MI 越大，表示塑料的流动性越好。

试验要求：含有挥发性物质及水分的塑料粒必须进行预干燥，不然会导致重复性差和材料的降解。同时，应注意熔体流动速率与测试样品存在如表 1-3 所示的关系。

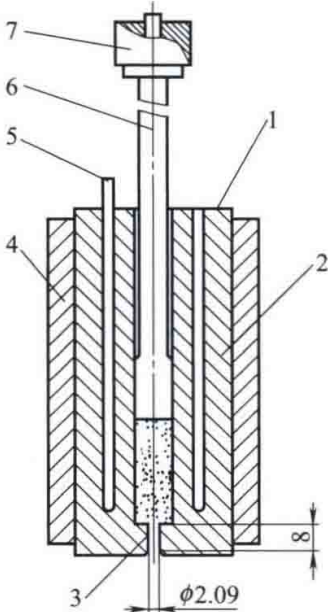


图 1-2 熔体流动速率测试仪

- 1—热电偶测温管；2—料筒；3—出料孔；
4—保温层；5—加热棒；6—柱塞；
7—砝码（砝码加柱塞共重 2160g）

■ 表 1-3 熔体流动速率与测试样品等的关系

熔流范围/(g/10min)	建议样品用量/g	时间间隔/min	实测 MI/(g/10min)
0.15~1.0	2.5~3.0	6.0	1.67
1.0~3.5	3.0~5.0	3.0	3.33
3.5~10	5.0~8.0	1.0	10.00
10~25	4.0~8.0	0.5	20.00
25~50	4.0~8.0	0.5	40.00

经验总结

在工业生产实际中，为了快速、低成本地辨别出塑料的种类，往往采用燃烧法来辨别。常用塑料在燃烧时的特点如表 1-4 所示。

常用塑料的性能如表 1-5 所示。