

塑料成形性能

塑料是以高分子量合成树脂为主要成分，在一定条件下（如温度、压力等）可塑制成一定形状且在常温下保持形状不变的材料。

塑料按受热后表面的性能，可分为热固性塑料与热塑性塑料两大类。前者的特点是在一定温度下，经一定时间加热、加压或加入硬化剂后，发生化学反应而硬化。硬化后的塑料化学结构发生变化、质地坚硬、不溶于溶剂、加热也不再软化，如果温度过高则就分解。后者的特点为受热后发生物态变化，由固体软化或熔化成粘流体状态，但冷却后又可变硬而成固体，且过程可多次反复，塑料本身的分子结构则不发生变化。

塑料都以合成树脂为基本原料，并加入填料、增塑剂、染料、稳定剂等各种辅助料而组成。因此，不同品种牌号的塑料，由于选用树脂及辅助料的性能、成分、配比及塑料生产工艺不同，则其使用及工艺特性也各不相同。为此模具设计时必须了解所用塑料的工艺特性。

第一节热固性塑料

常用热固性塑料有酚醛、氨基（三聚氰胺、脲醛）聚酯、聚邻苯二甲酸二丙烯酸酯等。主要用于压塑、挤塑、注射成形。硅酮、环氧树脂等塑料，目前主要作为低压挤塑封装电子元件及浇注成形等用。

一、工艺特性

（一）收缩率

塑件自模具中取出冷却到室温后，发生尺寸收缩这种性能称为收缩性。由于收缩不仅是树脂本身的热胀冷缩，而且还与各成形因素有关，所以成形后塑件的收缩应称为成形收缩。

1. 成形收缩的形式成形收缩主要表现在下列几方面：

（1）塑件的线尺寸收缩由于热胀冷缩，塑件脱模时的弹性恢复、塑性变形等原因导致塑件脱模冷却到室温后其尺寸缩小，为此型腔设计时必须考虑予以补偿。

(2) 收缩方向性成形时分子按方向排列, 使塑件呈现各向异性, 沿料流方向(即平行方向)则收缩大、强度高, 与料流直角方向(即垂直方向)则收缩小、强度低。另外, 成形时由于塑件各部位密度及填料分布不匀, 故使收缩也不匀。产生收缩差使塑件易发生翘曲、变形、裂纹, 尤其在挤塑及注射成形时则方向性更为明显。因此, 模具设计时应考虑收缩方向性按塑件形状、流料方向选取收缩率为宜。

(3) 后收缩塑件成形时, 由于受成形压力、剪切应力、各向异性、密度不匀、填料分布不匀、模温不匀、硬化不匀、塑性变形等因素的影响, 引起一系列应力的作用, 在粘流态时不能全部消失, 故塑件在应力状态下成形时存在残余应力。当脱模后由于应力趋向平衡及贮存条件的影响, 使残余应力发生变化而使塑件发生再收缩称为后收缩。一般塑件在脱模后 10 小时内变化最大, 24 小时后基本定型, 但最后稳定要经 30~60 天。通常热塑性塑料的后收缩比热固性大, 挤塑及注射成形的比压塑成形的大。

(4) 后处理收缩有时塑件按性能及工艺要求, 成形后需进行热处理, 处理后也会导致塑件尺寸发生变化。故模具设计时对高精度塑件则应考虑后收缩及后处理收缩的误差并予以补偿。

2. 收缩率计算塑件成形收缩可用收缩率来表示, 如公式(1-1)及公式(1-2)所示。

$$Q_{\text{实}} = (a-b) / b \times 100 \quad (1-1)$$

$$Q_{\text{计}} = (c-b) / b \times 100 \quad (1-2)$$

式中: $Q_{\text{实}}$ —实际收缩率(%);

$Q_{\text{计}}$ —计算收缩率(%);

a—塑件在成形温度时单向尺寸(毫米);

b—塑件在室温下单向尺寸(毫米);

c—模具在室温下单向尺寸(毫米)。

实际收缩率为表示塑件实际所发生的收缩, 因其值与计算收缩相差很小, 所以模具设计时以 $Q_{\text{计}}$ 为设计参数来计算型腔及型芯尺寸。

3. 影响收缩率变化的因素在实际成形时不仅不同品种塑料其收缩率各不相同, 而且不同批的同品种塑料或同一塑件的不同部位其收缩值也经常不同, 影响收缩率变化的主要因素有如下几个方面。

1) 塑料品种各种塑料都有其各自的收缩范围, 同种类塑料由于填料、分子量及配比等不同, 则其收缩率及各向异性也不同。

(2) 塑件特性塑件的形状、尺寸、壁厚、有无嵌件，嵌件数量及布局对收缩率大小也有很大影响。

(3) 模具结构模具的分型面及加压方向，浇注系统的形式，布局及尺寸对收缩率及方向性影响也较大，尤其在挤塑及注射成形时更为明显。

(4) 成形工艺 挤塑、注射成形工艺一般收缩率较大，方向性明显。预热情况、成形温度、成形压力、保持时间、填充料形式及硬化均匀性对收缩率及方向性都有影响。

如上所述模具设计时应根据各种塑料的说明书中所提供的收缩率范围，并按塑件形状、尺寸、壁厚、有无嵌件情况、分型面及加压成形方向、模具结构及进料口形式尺寸和位置、成形工艺等诸因素综合地来考虑选取收缩率值。对挤塑或注射成形时，则常需按塑件各部位的形状、尺寸、壁厚等特点选取不同的收缩率。

另外，成形收缩还受到各成形因素的影响，但主要决定于塑料品种、塑件形状及尺寸。所以成形时调整各项成形条件也能够适当地改变塑件的收缩情况。常用塑料计算收缩率详见表 1-1。模具设计时选取收缩率的规则详见第三章所述。

(二) 流动性

塑料在一定温度与压力下填充型腔的能力称为流动性。这是模具设计时必须考虑的一个重要工艺参数。流动性大易造成溢料过多，填充型腔不密实，塑件组织疏松，树脂、填料分头聚积，易粘模、脱模及清理困难，硬化过早等弊病。但流动性小则填充不足，不易成形，成形压力大。所以选用塑料的流动性必须与塑件要求、成形工艺及成形条件相适应。模具设计时应根据流动性能来考虑浇注系统、分型面及进料方向等等。热固性塑料流动性通常以拉西格流动性（以毫米计）来表示。数值大则流动性好，每一品种的塑料通常分三个不同等级的流动性，以供不同塑件及成形工艺选用。一般塑件面积大、嵌件多、型芯及嵌件细弱，有狭窄深槽及薄壁的复杂形状对填充不利时，应采用流动性较好的塑料。挤塑成形时应选用拉西格流动性 150 毫米以上的塑料，注射成形时应用拉西格流动性 200 毫米以上的塑料。为了保证每批塑料都有相同的流动性，在实际中常用并批方法来调节，即将同一品种而流动性有差异的塑料加以配用，使各批塑料流动性互相补偿，以保证塑件质量。常用塑料的拉西格流动性值详见表 1-1，但必须指出塑料的注动性除了决定于塑料品种外，在填充型腔时还常受各种因素的影响而使塑料实际填充型腔的能力发生变化。如粒度细匀（尤其是圆状粒料），湿度大、含水分及挥发物多，预热及成形条件适当，模具表面光洁度好，模具结构适当等则都有利于改善流动性。反之，预热或成形条件不良、模具结构不良流动阻力大或塑料贮存期过长、超期、贮存温

度高（尤其对氨基塑料）等则都会导致塑料填充型腔时实际的流动性能下降而造成填充不良。

（三）比容及压缩率

比容为每一克塑料所占有的体积（以厘米³/克计）。压缩率为塑粉与塑件两者体积或比容之比（其值恒大于1）。它们都可被用来确定压模装料室的大小。其数值大即要求装料室体积要大，同时又说明塑粉内充气多，排气困难，成形周期长，生产率低。比容小则反之，而且有利于压锭，压制。各种塑料的比容详见表1-1。但比容值也常因塑料的粒度大小及颗粒不均匀度而有误差。

（四）硬化特性

热固性塑料在成形过程中在加热受压下转变成可塑性粘流状态，随之流动性增大填充型腔，与此同时发生缩合反应，交联密度不断增加，流动性迅速下降，融料逐渐固化。模具设计时对硬化速度快，保持流动状态短的料则应注意便于装料，装卸嵌件及选择合理的成形条件和操作等以免过早硬经或硬化不足，导致塑件成形不良。

硬化速度一般可从表1-1的保持时间来分析，它与塑料品种、壁厚、塑件形状、模温有关。但还受其它因素而变化，尤其与预热状态有关，适当的预热应保持使塑料能发挥出最大流动性的条件下，尽量提高其硬化速度，一般预热温度高，时间长（在允许范围内）则硬化速度加快，尤其预压锭坯料经高频预热的则硬化速度显著加快。另外，成形温度高、加压时间长则硬化速度也随之增加。因此，硬化速度也可调节预热或成形条件予以适当控制。

硬化速度还应适合成形方法要求，例注射、挤塑成型时应要求在塑化、填充时化学反应慢、硬化慢，应保持较长时间的流动状态，但当充满型腔后在高温、高压下应快速硬化。

（五）水分及挥发物含量

各种塑料中含有不同程度的水分、挥发物含量，过多时流动性增大、易溢料、保持时间长、收缩增大，易发生波纹、翘曲等弊病，影响塑件机电性能。但当塑料过于干燥时也会导致流动性不良成形困难，所以不同塑料应按要求进行预热干燥，对吸湿性强的料，尤其在潮湿季节即使对预热后的料也应防止再吸湿。

由于各种塑料中含有不同成分的水分及挥发物，同时在缩合反应时要发生缩合水分，这些成分都需在成形时变成气体排出模外，有的气体对模具有腐蚀作用，对人体也

有刺激作用。为此在模具设计时应对各种塑料此类特性有所了解，并采取相应措施，如预热、模具镀铬，开排气槽或成形时设排气工序。

二、成形特性

在模具设计必须掌握所用塑料的成形特性及成形时的工艺特性。

1. 工艺特性 常用热固性塑料工艺特性见表 1-1

2. 成形特性常用热固性塑料成形特性见表 1-2。各种塑料成形特性与各塑料品种有关外，还与所含有填料品种和粒度及颗粒均匀度有关。细料流动性好，但预热不易均匀，充入空气多不易排出、传热不良、成形时间长。粗料塑件不光泽，易发生表面不均匀。过粗、过细还直接影响比容及压缩率、模具加料室容积。颗粒不均匀的则成形性不好、硬化不匀，同时不宜采用容量法加料。填料品种对成形特性的影响见表 1-3

第二节 热塑性塑料

热塑性塑料品种极多，即使同一品种也由于树脂分子及附加物配比不同而使其使用及工艺特性也有所不同。另外，为了改变原有品种的特性，常用共聚、交链等各种化学聚合方法在原有的树脂结构中导入一定百分比量的异种单体或高分子相等树脂，以改变原有树脂的结构成为具有新的使用及工艺特性的改性品种。例如，ABS 即为在聚苯乙烯分子中导入了丙烯腈、丁二烯等异种单体后成为改性共聚物，也可称为改性聚苯乙烯，具有比聚苯乙烯优越的使用，工艺特性。由于热塑性塑料品种多、性能复杂，即使同一类的塑料也有仅供注射用或挤出用之分，故本章节主要介绍各种注射用的热塑性塑料。

一、工艺特性

(一) 收缩率

热塑性塑料成形收缩的形式及计算如前所述，影响热塑性塑料成形收缩的因素如下

1. 塑料品种热塑性塑料成形过程中由于还存在结晶化形起的体积变化，内应力强，冻结在塑件内的残余应力大，分子取向性强等因素，因此与热固性塑料相比则收缩率较大，收缩率范围宽、方向性明显，另外成形后的收缩、退火或调湿处理后的收缩一般也都比热固性塑料大。

2. 塑件特性成形时融料与型腔表面接触外层立即冷却形成低密度的固态外壳。由于塑料的导热性差，使塑件内层缓慢冷却而形成收缩大的高密度固态层。所以壁厚、冷却慢、高密度层厚的则收缩大。另外，有无嵌件及嵌件布局、数量都直接影响料流方向，密度分布及收缩阻力大小等，所以塑件的特性对收缩大小，方向性影响较大。

3. 进料口形式、尺寸、分布这些因素直接影响料流方向、密度分布、保压补缩作用及成形时间。直接进料口、进料口截面大（尤其截面较厚的）则收缩小但方向性大，进料口宽及长度短的则方向性小。距进料口近的或与料流方向平行的则收缩大。

4. 成形条件模具温度高，融料冷却慢、密度高、收缩大，尤其对结晶料则因结晶度高，体积变化大，故收缩更大。模温分布与塑件内外冷却及密度均匀性也有关，直接影响到各部分收缩量大小及方向性。另外，保持压力及时间对收缩也影响较大，压力大、时间长的则收缩小但方向性大。注射压力高，融料粘度差小，层间剪切应力小，脱模后弹性回跳大，故收缩也可适量的减小，料温高、收缩大，但方向性小。因此在成形时调整模温、压力、注射速度及冷却时间等诸因素也可适当改变塑件收缩情况。

模具设计时根据各种塑料的收缩范围，塑件壁厚、形状，进料口形式尺寸及分布情况，按经验确定塑件各部位的收缩率，再来计算型腔尺寸。对高精度塑件及难以掌握收缩率时，一般宜用如下方法设计模具：

- (1) 对塑件外径取较小收缩率，内径取较大收缩率，以留有试模后修正的余地。
- (2) 试模确定浇注系统形式、尺寸及成形条件。
- (3) 要后处理的塑件经后处理确定尺寸变化情况（测量时必须在脱模后 24 小时以后）。
- (4) 按实际收缩情况修正模具。
- (5) 再试模并可适当地改变工艺条件略微修正收缩值以满足塑件要求。

(二) 流动性

1. 热塑性塑料流动性大小，一般可从分子量大小、熔融指数、阿基米德螺旋线长度、表现粘度及流动比（流程长度/塑件壁厚）等一系列指数进行分析。分子量小，分子量分布宽，分子结构规整性差，熔融指数高、螺旋线长度长、表现粘度小，流动比大的则流动性就好，对同一品名的塑料必须检查其说明书判断其流动性是否适用于注射成形。按模具设计要求我们大致可将常用塑料的流动性分为三类：

- (1) 流动性好尼龙、聚乙烯、聚苯乙烯、聚丙烯、醋酸纤维素、聚(4)甲基戊烯；
- (2) 流动性中等改性聚苯乙烯(例 ABS·AS)、有机玻璃、聚甲醛、聚氯醚；
- (3) 流动性差聚碳酸酯、硬聚氯乙烯、聚苯醚、聚砜、聚芳砜、氟塑料。

2. 各种塑料的流动性也因各成形因素而变，主要影响的因素有如下几点：

(1) 温度料温高则流动性增大，但不同塑料也各有差异，聚苯乙烯(尤其耐冲击型及 MI 值较高的)、聚丙烯尼龙、有机玻璃、改性聚苯乙烯(例 ABS·AS)、聚碳酸酯、醋酸纤维等塑料的流动性随温度变化较大。对聚乙烯、聚甲醛、则温度增减对其流动性影响较小。所以前者在成形时宜调节温度来控制流动性。

(2) 压力注射压力增大则融料受剪切作用大，流动性也增大，特别是聚乙烯、聚甲醛较为敏感，所以成形时宜调节注射压力来控制流动性。

(3) 模具结构浇注系统的形式，尺寸，布置，冷却系统设计，融料流动阻力(如型面光洁度，料道截面厚度，型腔形状，排气系统)等因素都直接影响到融料在型腔内的实际流动性，凡促使融料降低温度，增加流动性阻力的则流动性就降低。

模具设计时应根据所用塑料的流动性，选用合理的结构。成形时则也可控制料温，模温及注射压力、注射速度等因素来适当地调节填充情况以满足成形需要。

(三) 结晶性

热塑性塑料按其冷凝时无出现结晶现象可划分为结晶形塑料与非结晶形(又称无定形)塑料两大类。

所谓结晶现象即为塑料由熔融状态到冷凝时，分子由独立移动，完全处于无次序状态，变成分子停止自由运动，按略微固定的位置，并有一个使分子排列成为正规模型的倾向的一种现象。

作为判别这两类塑料的外观标准可视塑料的厚壁塑件的透明性而定，一般结晶性料为不透明或半透明(如聚甲醛等)，无定形料为透明(如有机玻璃等)。但也有例外情况，如聚(4)甲基戊烯为结晶性料却有高透明性，ABS 为无定形料但却并不透明。

在模具设计及选择注射机时应注意对结晶料有下列要求：

- (1) 料温上升到成形温度所需的热量多，要用塑化能力大的设备。

(2) 冷凝时放出热量大，要充分冷却。

(3) 熔态与固态的比重差大，成形收缩大，易发生缩孔、气孔。

(4) 冷却快结晶度低，收缩小，透明度高。结晶度与塑件壁厚有关，壁厚冷却慢结晶度高，收缩大，物性好。所以结晶性料应按要求必须控制模温。

(5) 各向异性显著，内应力大。脱模后未结晶化的分子有继续结晶化倾向，处于能量不平衡状态，易发生变形，翘曲。

(6) 结晶熔点范围窄，易发生未熔粉末注入模具或堵塞进料口。

(四) 热敏性及水敏性

1. 热敏性塑料系指某些塑料对热较为敏感，在高温下受热时间较长或进料口截面过小，剪切作用大时，料温增高易发生变色、降聚，分解的倾向，具有这种特性的塑料称为热敏性塑料。如硬聚氯乙烯、聚偏氯乙烯、醋酸乙烯共聚物，聚甲醛，聚三氟氯乙烯等。热敏性塑料在分解时产生单体、气体、固体等副产物，特别是有的分解气体对人体、设备、模具都有刺激、腐蚀作用或毒性。因此，模具设计、选择注射机及成形时都应注意，应选用螺杆式注射机，浇注系统截面宜大，模具和料筒应镀铬，不得有死角滞料，必须严格控制成形温度、塑料中加入稳定剂，减弱热敏性能。

2. 有的塑料（如聚碳酸酯）即使含有少量水分，但在高温、高压下也会发生分解，这种性能称为水敏性，对此必须预先加热干燥。

(五) 应力开裂及熔融破裂

1. 有的塑料对应力敏感，成形时易产生内应力并质脆易裂，塑件在外力作用下或在溶剂作用下即发生开裂现象。为此，除了在原料内加入附加剂提高抗裂性外，对原料应注意干燥，合理的选择成形条件，以减少内应力和增加抗裂性。并应选择合理的塑件形状，不宜设置嵌件等尽量减少应力集中。模具设计时应增大脱模斜度，选用合理的进料口及顶出机构，成形时应适当的调节料温、模温、注射压力及冷却时间，尽量避免塑件过于冷脆时脱模，成形后塑件还宜进行后处理提高抗裂性，消除内应力并禁止与溶剂接触。

2. 当一定熔融指数的聚合物熔体，在恒温下通过喷嘴孔时其流速超过某值后，熔体表面发生明显横向裂纹称为熔融破裂，有损塑件外观及物性。故在选用熔融指数高的聚合物等，应增大喷嘴、浇道、进料口截面，减少注射速度，提高料温。

（六）热性能及冷却速度

1. 各种塑料有不同比热、热传导率、热变形温度等热性能。比热高的塑化时需要热量大，应选用塑化能力大的注射机。热变形温度高的冷却时间可短，脱模早，但脱模后要防止冷却变形。热传导率低的冷却速度慢（如离子聚合物等冷却速度极慢）必须充分冷却，要加强模具冷却效果。热浇道模具适用于比热低，热传导率高的塑料。比热大、热传导率低，热变形温度低、冷却速度慢的塑料则不利于高速成形，必须用适当的注射机及加强模具冷却。

2. 各种塑料按其品种特性及塑件形状，要求必须保持适当的冷却速度。所以模具必须按成形要求设置加热和冷却系统，以保持一定模温。当料温使模温升高时应予冷却，以防止塑件脱模后变形，缩短成形周期，降低结晶度。当塑料余热不足以使模具保持一定温度时，则模具应设有加热系统，使模具保持在一定温度，以控制冷却速度，保证流动性，改善填充条件或用以控制塑件使其缓慢冷却，防止厚壁塑件内外冷却不匀及提高结晶度等。对流动性好，成形面积大、料温不匀的则按塑件成形情况有时需加热或冷却交替使用或局部加热与冷却并用。为此模具应设有相应的冷却或加热系统。各种塑料成形时要求的模温及热性能见表 1-4 及表 1-5。

（七）吸湿性

塑料中因有各种添加剂，使其对水分各有不同的亲疏程度，所以塑料大致可分为吸湿、粘附水分及不吸水也不易粘附水分的两种，料中含水量必须控制在允许范围内，不然在高温、高压下水分变成气体或发生水解作用，使树脂起泡、流动性下降、外观及机电性能不良。所以吸湿性塑料必须按要求采用适当的加热方法及规范进行预热，在使用时还需用红外线照射以防止再吸湿。

二、成形特性

常用热塑性塑料成形特性及成形条件见表 1-4 及表 1-5。

第三节 增强塑料

为了进一步改善热固及热塑性塑料的机电性能。常在塑料中加入玻璃纤维填料（简称玻纤），作为增强材料，以树脂为粘结剂而组成新型复合材料，通称为增强塑料（热固性塑料的增强塑料又称为玻璃钢）。

由于塑料配方的玻璃纤维的品种、长度、含量等不同，其工艺性及使用特性也各不相同。本节主要介绍模压用的热固性增强塑料及注射用的热塑性增强塑料。

一、热固性增强塑料

热固性增强塑料是以树脂、增强材料、辅助剂等组成。其中树脂作为粘结剂，它要求有良好的流动性、适宜的固化速度、副产物少，易调节粘度和良好的互溶性，并需满足塑件及成形要求。增强材料起骨架作用，其品种规格繁多主要用玻璃纤维，一般含量为60%、长度为15~20毫米。辅助剂包括调节粘度的稀释剂（用以改进玻纤与树脂的粘结）、用以调节树脂-纤维界面状态的玻纤表面处理剂、用以改进流动性，降低收缩，提高光泽度及耐磨性等用的填料和着色颜料等。由于选用的树脂，玻纤的品种规格（长度、直径，无碱或含碱，支数，股数，加捻或无捻），表面处理剂，玻纤与树脂混制工艺（预混法或预浸法，塑料配比等不同则其性能也各不相同。

（一）工艺特性

1. 流动性增强料的流动性比一般压塑料差，流动性过大时易产生树脂流失与玻纤分头聚积。过小则成形压力及温度将显著提高。影响流动性的因素很多，要评定某种料的流动性，必须按组成作具体分析。影响流动性的因素见表1-6。

2. 收缩率增强塑料的收缩率比一般压塑料小，它主要由热收缩及化学结构收缩组成。影响收缩的因素首先是塑料品种。一般酚醛料比环氧、环氧酚醛、不饱和聚酯等料要大，其中不饱和聚酯料收缩最小。其它影响收缩的因素是塑件形状及壁厚，厚壁则收缩大，塑料中所含填料及玻纤量大则收缩小，挥发物含量大则收缩也大，成形压力大，装料量大则收缩小，热脱模比冷脱模的收缩大，固化不足收缩大，当加压时机及成形温度适当，固化充分而均匀时则收缩小。同一塑件其不同部位的收缩也各不相同，尤其对薄壁塑件更为突出。一般收缩率为0~0.3%，而0.1~0.2%的则居多，收缩大小还与模具结构有关，总之选择收缩时应综合考虑。

3. 压缩比增强料的比容，压缩比都较一般压塑料大，预混料则更大，因此在模具设计时需取较大的装料室，同时向模内装料也较困难，尤其预混料更为不便，但如采用料坯预成形工艺则压缩比就可显著减小。

装料量一般可预先估算，经试压后再作调整。估算装料量的方法可由如下四种：

（1）计算法装料量可按公式（1-3）计算：

$$A = V \times G (1+3\sim 5\%) \quad (1-3)$$

式中 A——装料量（克）；

V ——塑件体积（厘米³）；

G ——所用塑料比重（克/厘米³）；

3~5% ——物料按发物、毛刺等损耗量补偿值。

(2) 形状简化算法将复杂形状塑件简化成由若干个简单形状组成，同时将尺寸也相应变更再按简化形状进行计算，如图 1-1 所示。

(3) 比重比较法当按金属或其它材料的零件仿制塑件时，则可将原零件的材料比重及重量与所选用的增强塑料比重之比求得装料量。

(4) 注型比较法用树脂或石蜡等浇注型材料注入模具型腔成形后再以此零件按比重比较法求得装料量。

4. 物料状态增强料按其玻纤与树脂混合制成原料的方式可分为如下三种状态。

(1) 预混料是将长达 15~30 毫米的玻纤与树脂混合烘干而成，它比容大，流动性比预浸料好，成形时纤维易受损伤，质量均匀性差，装料困难，劳动条件差。适用于压制中小型、复杂形状塑料及大量生产时，不宜用于压制要求高强度的塑件。使用预混料时要防止料“结”使流动性迅速下降。该料互溶性不良，树脂与玻纤易分头聚积。

(2) 预浸料是将整束玻纤浸入树脂，烘干切短而成。它流动性比预混料差，料束间相溶性差，比容小，玻纤强度损失小，物料质量均匀性良好，装模时易按塑件形状受力状态进行合理辅料，适用于压制形状复杂的高强度塑料。

(3) 浸毡料是将切短的纤维均匀地铺在玻璃布上浸渍树脂而成的毡状料，其性能介于上述两者之间。适用压制形状简单，厚度变化不大的薄壁大型塑件。

5. 硬化速度及贮存性增强塑料按其硬化速度可分为快速和慢速两种。快速料固化快，装料模温高，为适用于压塑小型塑件及大量生产时常用原料。慢速料适用于压制大型塑件，形状复杂或有特殊性能要求及小批量生产时，慢速料必须慎重选择升温速度，过快易发生内应力，硬化不匀，填充不良。过慢则降低生产效率。所以模具设计时应预先了解所用料的要求。

各种料都有其允许贮存期及贮存条件。凡超期或贮存条件不良者都会导致塑料变质，影响流动性及塑件质量，故试模及生产时都应注意。

(二) 成形条件

热固性增强塑料的成形条件见表 1-7。

(三) 塑件及模具设计注意事项

1. 塑件设计时应注意下列事项。

(1) 塑件光洁度可达 7~9，精度一般宜取 3~5 级，但沿压制方向精度不易保证，宜取自由公差。

(2) 不易脱模，宜取较大脱模斜度。若不许可取较大脱模斜度时，则塑件径向公差宜取大。

(3) 塑件宜取回转体对称外形，不宜过高。

(4) 壁应厚而均匀，避免尖角、缺口、窄槽等形状，各面应圆弧过渡连接以防止应力集中、死角滞料，填充不良，物料集聚堵塞流道。

(5) 孔一般应取通孔，避免用 $\Phi 5$ 毫米以下的盲孔，盲孔底部应成半球面或圆锥面以利物料流动，孔径及深度比一般为 1:2~1:3，大型塑件尽量不设计小孔，孔间距、孔边距宜取大，大密度排列的小孔不宜模压成形。

(6) 螺孔比螺杆易成形，M6 以下螺纹不宜成形，齿形宜用半圆形及梯形，其圆角半径应大于 0.3 毫米，并应注意半角公差，可以参照一般塑制的螺纹进行设计。当塑件螺纹与其它材料螺纹零件接合时，要考虑其配合张力，螺纹段长度应取最小尺寸。

(7) 成形压力大，嵌件应有足够强度，防止变形损坏，定位必须可靠。

(8) 收缩小，有方向性，易发生熔接不良，变形、翘曲、缩孔、裂纹及应力集中，树脂填料分布不匀。薄壁塑件易碎，不易脱模，大面积塑件易发生波纹及物料聚积。

2. 模具设计时应注意下列事项。

(1) 要便于装料，有利于物料流动填充型腔。

(2) 脱模斜度宜取 1° 以上。

(3) 宜选塑件投影面大的方向作为成形加压方向便于物料填充型腔，但不宜把尺寸精度高的部位和嵌件、型芯轴线垂直方向作为加压方向。

(4) 物料渗入力强，飞边厚不易去除，选择分型面时应注意飞边方向。上下模及并镶件宜取整体结构，组合结构装配间隙不宜取大，上下模可拆成形零件宜取 3~4 级滑配合。

(5) 收缩率为 0~0.3%，一般取 0.1~0.2%，物料体积一般取塑件体积的 2~3 倍。

(6) 成形压力大，物料渗挤力大。模具型芯嵌件应有足够强度、防止变形、位移与损坏。尤其对细长型芯与型腔间空隙较小时更应注意。

(7) 模具应抛光、淬硬。

(8) 顶出力大，顶杆应有足够强度，顶出应均匀，顶杆不宜兼作型芯。

(9) 快速成形料在成形温度下即可脱模，慢速成形料模具应设有加热及强迫冷却措施。

二、热塑性增强塑料

热塑性增强塑料一般由树脂及增强材料组成。目前常用的树脂主要为尼龙、聚苯乙烯、ABS、AS，聚碳酸酯、线型聚酯、聚乙烯、聚丙烯、聚甲醛等。增强材料一般为无碱玻璃纤维（有长短两种，长纤维料一般与粒料长一致为 2~3 毫米，短纤维料长一般小于 0.8 毫米）经表面处理后与树脂配制而成。玻纤含量应按树脂比重选用最合理的配比，一般为 20~40% 之间。由于各种增强塑料所选用的树脂不同，玻纤长度、直径，有无含碱及表面处理剂不同其增强效果不一，成形特性也不一。

如前所述增强料可改善一系列机电性能，但也存在一系列缺点：冲击强度与冲击疲劳强度低（但缺口冲击强度增高）；透明性、焊接点强度也降低，收缩、强度、热膨胀率、热传导率的异向性增大。故目前该塑料主要用于塑制小型，高强度、耐热，工作环境差及高精度要求的塑件。

（一）工艺特性

1. 流动性差增强料熔融指数比普通料低 30~70% 故流动性不良，易发生填充不良，熔接不良，玻纤分布不匀等弊病。尤其对长纤维料更易发生上述缺陷，并还易损伤纤维而影响机电性能。

2. 成形收缩小、异向性明显成形收缩比普通料小，但异向性增大沿料流方向收缩小，垂直方向大，近进料口处小，远处大，塑件易发生翘曲、变形。

3. 脱模不良、磨损大该料不易脱模，并对模具磨损大，在注射时料流对浇注系统，型芯等磨损也大。

4. 易发生气体成形时由于纤维表面处理剂易挥发成气体、必须予以排出，不然易发生熔接不良、缺料及烧伤等弊病。

（二）成形注意事项

为了解决增强料上述工艺弊病在成形时应注意下列事项：

1. 宜用高温、高压、高速注射。
2. 模温宜取高（对结晶性料应按要求调节），同时应防止树脂玻纤分头聚积，玻纤裸露及局部烧伤。
3. 保压补缩应充分。
4. 塑件冷却应均匀。
5. 料温、模温变化对塑件收缩影响较大，温度高收缩大，保压及注射压力增大，可使收缩变小但影响较小。
6. 由于热刚性好，热变形温度高可在较高温度时脱模，但要注意脱模后均匀冷却。
7. 应选用适当的脱模剂。
8. 宜用螺杆式注射机成形。尤其对长纤维料必须用螺杆式注射机加工，如果没有螺杆式注射机则应在造粒后象短纤维料一样才可在柱塞式注射机上加工。

（三）成形条件

常用热塑性增强塑料成形条件见表 1-8。

（四）模具设计注意事项

1. 塑件形状及壁厚特别应考虑有利于料流畅通填充型腔，尽量避免尖角、缺口。
2. 脱模斜度应取大，含玻璃纤维 15%的可取 $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ ，含玻璃纤维 30%的可取 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 。当不允许有脱模斜度时则应避免强行脱模，宜采用横向分型结构。

3. 浇注系统截面宜大，流程平直而短，以利于纤维均匀分散。

4. 设计进料口应考虑防止填充不足，异向性变形，玻璃纤维分布不匀，易产生熔接痕等因素。进料口宜取薄膜，宽薄，扇形，环形及多点形式进料口以使料流乱流，玻璃纤维分散，以减少异向性，最好不取针状进料口，进料口截面可适当增大，其长度应短。

5. 模具型芯、型腔应有足够刚性及强度。

6. 模具应淬硬，抛光、选用耐磨钢种，易磨损部位应便于修换。

7. 顶出应均匀有力，便于换修。

8. 模具应设有排气溢料槽，并宜设于易发生熔接痕部位。