

热塑性塑料注塑件冲击强度影响因素分析

杨凤霞 亓新华 王天喜

(河南科技学院化工系,新乡 453003)

摘要 介绍热塑性塑料冲击强度的概念,从材料选择、注射成型工艺、制品结构设计、模具设计、制件后处理等方面分析了影响热塑性塑料注塑件冲击强度的因素,并针对不同因素提出了相应的对策和提高热塑性塑料注塑件冲击强度的方法。

关键词 热塑性塑料 注塑件 冲击强度 对策

热塑性塑料有很多种成型方法,其中注射成型是最重要的成型方法之一,它在实现“以塑代钢”、“以塑代木”,使通用塑料制品转向工程塑料制品的开发和应用中起着极为重要的作用,但是注塑件不可避免地会产生这样那样的缺陷,影响其力学性能特别是冲击强度,从而影响注塑件的正常使用。同时注塑件受成型工艺影响很大,不恰当的注塑工艺条件往往会导致很低的冲击强度,因此找出影响注塑件冲击强度的因素,并针对这些因素提出相应的解决办法,对于提高制品的冲击性能,保证其正常使用具有很大的现实意义。

1 冲击强度的概念

冲击强度是衡量材料韧性的一种指标,表征材料抵抗冲击载荷破坏的能力。通常定义为试样受冲击载荷而折断时单位截面积所吸收的能量。冲击强度的测定方法很多,有摆锤式冲击试验、落锤式冲击试验等。试验表明,注塑件的冲击强度与高分子本身结构、注塑工艺条件、制品结构与形状、模具设计及制件后处理等因素有关。

2 影响注塑件冲击强度的因素分析

2.1 高分子本身结构的影响

主链含有芳杂环的聚合物,其冲击强度比脂肪族主链的聚合物高,因此新型的工程塑料大都为主链含有芳杂环的聚合物。如透明尼龙(PA)的冲击强度要高于普通PA。

(1) 支化 聚合物支化程度增加,使分子间距增大,分子间的作用力减小,其拉伸强度降低,而冲击强度会得到提高,如低密度聚乙烯(LDPE)的拉伸强度比高密度聚乙烯(HDPE)低,而冲击强度反而比HDPE的高。

(2) 交联 适度的交联可有效地增加分子链间的联系,使分子链不易发生相对滑移。随着交联度的增加,往往不易发生大的形变,冲击强度提高。如

聚乙烯(PE)交联后其冲击强度可提高3~4倍。

(3) 分子量 分子量的增大可使冲击强度提高^[1],人们制取超高分子量聚乙烯(UHMWPE, $M_n = 5 \times 10^5 \sim 4 \times 10^6$)的目的之一就是为了提高其冲击性能,它的冲击强度比普通HDPE提高3倍以上,在-40℃时甚至可提高18倍之多。

(4) 共聚 共聚可综合两种以上均聚物的性能,使所得共聚物的拉伸强度和冲击强度得到提高,比如将苯乙烯与丙烯腈或丁二烯共聚,其共聚物有高的冲击强度;用橡胶增韧的塑料如丁二烯增韧ABS,其冲击强度会增大,当材料受到冲击力时,分散的橡胶粒子作为大量的应力集中物可引发大量的裂纹,从而吸收大量的冲击能,大幅提高冲击强度。

2.2 制品结构的影响

对于同种材料的注塑件,制品结构不同会使制品的冲击强度差别很大。设计制品时应尽量做到:

(1) 为防止应力集中,在注塑件拐角处应设有圆角过渡,避免尖角。因为尖角的存在,制品在受力时会使尖角附近局部范围内的应力急剧增加,远超过应力平均值,造成应力集中,引起应力开裂。图1示出应力集中系数与内圆角半径 R /壁厚 A 的关系。从图1可以看出,理想的内圆角半径 R 应有壁厚 A 的1/4以上^[2],外圆角半径可取壁厚的1.5倍。同

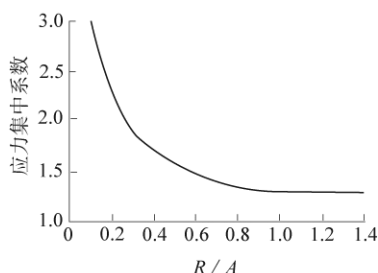


图1 应力集中系数与 R/A 的关系

时采用圆角可极大地改善熔料的充模特性。

(2) 注塑件上的孔边距不可太小, 因为孔距边缘太近时容易削弱制品的强度, 孔的直径和孔与边壁最小厚度之间的关系如表 1^[2] 所示。

表 1 孔径和孔与边壁间最小厚度的关系

项 目	孔径 /mm			
	2.0	3.2	5.6	12.7
孔与边壁间最小厚度 /mm	1.6	2.4	3.2	4.8

(3) 开孔的周边要予以补强, 因为开孔处易产生应力集中, 在开孔周围应增加厚度补强。

2.3 注塑工艺条件的影响

(1) 注射速率 注射速率过低时, 剪切速率也低, 在流动方向上不会产生冻结取向, 导致注塑件冲击强度降低, 因为取向后高分子链顺着外力的方向平行地排列, 断裂时破坏主价键的比例大为增加, 而主价键的强度比范德华力高 20 倍左右^[1]; 另外, 取向后可以阻碍裂缝向纵深发展。所以提高某些制品冲击强度的办法是采用较高的注射速率^[3]。然而注射速率过高时, 其冲击强度反而会降低, 这是因为高速注射时料流速度快, 剪切作用加剧, 因而温度上升、粘度下降, 熔体在模腔内由层流变为湍流, 严重时引起喷射流动甚至熔体破裂, 造成块状熔体挤满型腔, 导致模腔内空气不易排出而被压缩, 引起制品局部烧伤, 故而使冲击强度降低。不同制品有不同的注射速率最佳值。图 2 示出无规共聚聚丙烯 (PP-R) 的注射速率与注塑件冲击强度的关系。

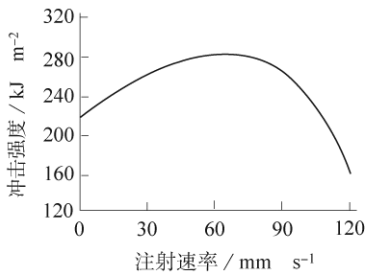


图 2 PP-R 的注射速率与制品冲击强度的关系

(2) 模腔压力 模腔压力越高, 制品的冲击性能越差, 这是因为模腔压力越高, 在料流汇合处气体越多, 必然减少熔体相互熔接的面积, 或产生高温气体灼伤制品, 制品中残余应力越大, 其冲击强度越低。每种制品都有一个模腔压力的最佳值, 在此压力下, 熔体前锋能很好地熔合, 并把夹在里面的空气从熔合区排出, 从而得到较高冲击强度的制品。

(3) 熔体温度 随着熔体温度的升高, 制品的冲击强度会有所降低。由于熔体温度高会使应力松弛加快, 促使解取向能力加强; 但熔体温度过低, 料

流前锋不能充分熔合、扩散和相互缠结, 也会引起制品产生熔接痕而降低熔接痕区域的强度。对于结晶性塑料如 PE、PA, 若熔体温度过低, 冷却速率则下降, 结晶度过高, 也会使制品的冲击强度降低^[3], 所以同样存在着熔体温度的最佳值。

(4) 模具温度 模具温度的高低直接影响到制品的冷却速率和材料的结晶速率, 进而影响到制品的冲击强度。升高模具温度时, 熔体进入型腔后冷却速率变慢, 结晶度增加, 制品的冲击强度降低; 若降低模具温度, 则会使冷却速率加快, 结晶度降低, 取向能力加强, 制品的冲击强度得到改善。生产中无模具自动控温装置时, 可以在刚开始生产时不开通冷却水, 待模具加热之后再打开循环水, 并随着模具温度升高而将冷却水量逐渐增大, 以保证制品质量稳定。

(5) 冷却时间 冷却时间的选择也很重要。如果冷却时间过短, 制品在出模时的温度高于模具温度, 尤其是制品内部的温度更高, 这样在自然冷却中制品就会产生较大的收缩及凹陷, 导致表里结构不同, 应力分布不均, 在使用中则会发生应力开裂; 但冷却时间也不宜过长, 否则不但生产效率低, 而且制件内部压力降到零以下, 再需进一步冷却时则可能在制件内部形成负压。合适的冷却时间应该使制品成型温度降到该种塑料的热变形温度以下, 但又必须使模腔内的压力降至某个极限值以下。图 3 示出聚甲醛 (POM) 的冷却时间对制品冲击强度的影响。

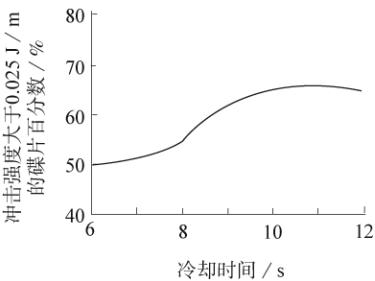


图 3 POM 的冷却时间对制品冲击强度的影响

2.4 模具结构的影响

模具结构设计中影响制品冲击强度的因素主要有浇注系统、冷却系统设计。若浇口位置选择不当或浇口过多, 会影响熔体的充模流动性, 引起内应力, 并造成制品表面出现明显的熔接痕, 甚至造成汇合处的熔体不能熔合, 使制品的冲击强度明显降低; 若浇注系统不平衡, 将使多腔模中各型腔的熔体流变行为不同, 制品的应力大小不一致。

模具冷却水道应设计在远离易出现熔接痕的位

置,并保持冷却均匀,以确保熔体的良好熔合。

顶出机构设计不合理也会使制品脱模时形成应力,降低冲击强度,应保证制品脱模时受力均衡。

若模具排气不畅,会阻碍熔体充模流动;料流汇合处若有气体,必然减少熔体相互熔接面积,或产生高温气体灼伤制品,严重危害制品熔接痕处的强度。设计模具时应使模具充分排气,并在熔体最后充模处开设排气槽,及时排出积存的气体。

2.5 后处理条件的影响

在注射成型或机械加工之后,应及时对内应力大的注塑件进行后处理,这是降低或消除内应力、减少应力集中、提高制品冲击强度的一种有效措施。后处理包括热处理和调湿处理两种方法。

热处理方法是在加热介质中先将温度从室温升至稍低于塑料的热变形温度(低 10 ~20℃),使制件在此温度下保持一定时间,然后缓慢冷却到室温。热处理时间主要与塑料的性质和制件壁厚有关。高聚物大分子链的刚性越大,制件的壁越厚,需要进行热处理的时间越长,通常热处理时间以制品厚度 40 ~50 min/mm 为宜。表 2 列出 PP 制品退火时间与其冲击强度的关系。对结晶性塑料冲击强度影响更大的是其内部的球晶结构,如果在缓慢的冷却过程中生成大球晶的话,那么其制品的冲击强度就要显著降低^[1]。比如,PP 的球晶越大,质地越脆,在退火时越要特别注意。有些结晶性塑料在成型过程中需加入成核剂,使之生成微晶而不生成球晶,以提高制品的冲击强度。

表 2 PP 制品退火时间与其冲击强度的关系

100℃退火时间/min	冲击强度/J·m ⁻¹
0	0.60 ~0.75
15	0.90 ~1.25
30	2.73 ~3.25
60	2.75 ~3.35

有些塑料制品的冲击强度与含水量有关。比如,PA 制品的冲击强度随含水量的增加而呈直线上升^[4],如表3所示。所以PA的注塑件需经常进行

调湿处理,如可在水中煮沸 2 ~16 h 或在乙酸钾水溶液中煮沸 2 ~8 h,不仅可提高制品的冲击强度,而且可提高其尺寸稳定性。

表 3 PA 制品的冲击强度与吸水性的关系 J/m

名 称	吸水率/%				
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
PA6	80	130	180	230	280
PA610	120	200	260	330	400
PA66	140	250	340	420	510

综上所述,可知各种因素对塑料制品冲击强度的影响,结果见表 4。

表 4 各种因素对制品冲击强度的影响

因素	对冲击强度的影响	因素	对冲击强度的影响
熔体温度 低 高	提高 降低	冷却时间 最佳 过低(高)	提高 降低
模具温度 低 高	提高 降低	制品设计 圆角、孔边距合适 尖角、孔边距过小	提高 降低
注射速率 最佳 过低(高)	提高 降低	模具设计 ¹⁾ 合理 不合理	提高 降低
模腔压力 低 高	提高 降低	后处理 合适 无	提高 降低

注:1) 主要指浇注系统、冷却系统的设计。

3 结 语

在注射成型加工中,很多因素都会对制品的冲击性能产生影响。生产中可以针对每种制品的不同要求,通过合理的材料选择,优化制品设计、工艺参数设置和模具结构设计,以及热处理等措施来提高制品的冲击强度,获得具有优良冲击性能的注塑制品,满足用户的使用要求,进一步扩大注塑件的使用范围。

参 考 文 献

1 何曼君,陈维孝,董西侠.高分子物理.上海:复旦大学出版社,2000.300

2 成都科技大学,北京化工学院,天津轻工业学院.塑料成型模具.北京:轻工业出版社,1990.12

3 王兴天.注塑成型技术.北京:化学工业出版社,1989.416

4 许健南.塑料材料.北京:中国轻工业出版社,1999.181

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING IMPACT STRENGTH OF THERMOPLASTIC INJECTION MOLDING PRODUCTS

Yang Fengxia, Qi Xinhua, Wang Tianxi

(Department of Chemical Engineering, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

ABSTRACT The defination of impact strength is introduced. The factors including material selection, forming technology, design of product structure, design of mould and post-treatment are which affect impact strength fully analyzed. The corresponding countermeasures and methods of improving impact strength are given according to different affecting factors.

KEYWORDS thermoplastic, injection molding product, impact strength, countermeasure