

影响硬质聚氯乙烯型材塑化质量的关键因素分析

韩培儒

(北汽福田汽车股份有限公司,北京 101117)

摘要 在硬质聚氯乙烯(UPVC)型材的生产过程中,通过系列实验,对影响PVC塑化质量的关键因素如原材料、配方、混料工艺、挤出工艺及挤出系统等进行分析并提出了相应的控制措施,以提高UPVC型材的质量。

关键词 硬质聚氯乙烯 型材 塑化质量

随着国家建筑节能政策的推广与落实,化学建材产业在国内已经得到了长足的发展。作为化学建材中的主导产品,硬质聚氯乙烯(UPVC)门窗型材的生产和应用技术已经趋于成熟。在目前的市场经济体制下,UPVC型材的质量问题已经成为供需双方越来越关注的焦点问题。因此认真分析影响型材质量的关键因素并采取相应的控制措施,对提高型材产品的核心竞争力、扩大应用范围从而推动化学建材产业持续发展具有重要的现实意义。

UPVC门窗型材是以聚氯乙烯(PVC)树脂为主要原料,按比例加入稳定剂、改性剂、润滑剂、着色剂及填充剂等功能助剂形成混合料,经混料、塑化挤出、冷却定型、牵引切割等工序而制得的。其各项理化指标是否达到GB/T 8814-2004的规定,是判断UPVC型材性能优劣的直接依据。PVC属于热塑性塑料,其塑化过程是指混合料以固体粉末状态加入挤出机的挤出系统内,在温度、剪切力、摩擦力等外部条件的作用下,自身完成由玻璃态向高弹态再向粘流态的转变,在三态转变的同时,与加入的功能助剂进行充分的熔融和混合,从而形成稳定的高温熔体后,经口模挤出成型的整个过程。塑化质量的好坏直接影响到型材理化性能指标的优劣。

分析UPVC型材生产的整个工艺流程,可以确定影响UPVC型材塑化质量的关键因素,包括原材料、配方、混料、挤出工艺、挤出系统等。笔者现结合生产实践过程,分别对上述关键因素进行分析。

1 实验部分

1.1 主要原材料

PVC:S-1000,中国石化齐鲁股份有限公司;

PVC:SG-5,北京化工二厂;

PVC:SG-4,天津渤天化工有限责任公司。

1.2 实验设备

混料机:HL300/1000型,自制;

锥形双螺杆主机(SJZ60/130型)配SY240型辅

机:自制;

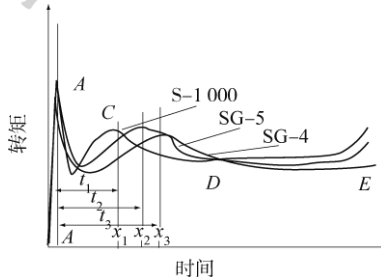
80 推拉框模具:江苏杰瑞公司;

转矩流变仪:PLV300型,德国Brabender公司。

2 结果与讨论

2.1 原材料对塑化质量的影响

按同一配方分别采用3个不同厂家生产的PVC树脂制成干混料,利用转矩流变仪测定了3种干混料的流变特性(见图1),并用同一台挤出机进行生产,根据其流变特性进行工艺调整,并对最终制品进行理化检验。



A—物料塑化起始时间点; x_1, x_2, x_3 —物料达到塑化峰的时间点;

t_1, t_2, t_3 —物料实际塑化所用时间; D—物料达到塑化稳定时间;

E—物料开始分解时间

图1 3种PVC的流变曲线

从图1可以直观地看出,虽然加入相同的助剂,但由于PVC树脂生产厂家不同,干混料达到图1中C点塑化转矩时所用的塑化时间(t_1, t_2, t_3 分别为72、102、138 s)是有区别的。即使同一类型的PVC树脂,由于各厂家合成工艺的不同、物料粒径的均匀程度不同、相对分子质量高低的不同也会使生产过程中塑化的难易程度不同。

在螺杆转矩、牵引速率基本相同的情况下,加工80框时3种PVC的塑化温度曲线如图2所示。由图2可见,在确保型材质量合格的情况下,不同干混料的塑化温度是不同的,容易塑化的物料需要的塑化温度曲线也相对较低。

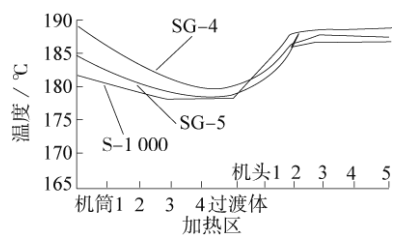


图 2 3 种 PVC 的塑化温度曲线

PVC 树脂按聚合度大小划分为 1~8 型树脂。聚合度大的树脂, 平均分子量大, 其强度也高(如图 2 中“SG-4”的树脂, 制品焊角强度达到 7 214 N), 其挤出温度曲线最高; 而聚合度小的树脂, 其分子量也小, 其强度也低, 但加工时流动性好, 适合于生产硬制品。因此 PVC 树脂的聚合度大小对最终制品的力学性能会产生影响。型材生产厂家在实际生产过程中, 为了产品质量的稳定性, 在原材料的选择上应予以重视。尽量选用聚合度为 1 000~1 150, K 值为 66~68 的悬浮法疏松型树脂^[1]。同时, 为了不轻易改变生产工艺条件, 应尽可能固定 PVC 树脂供应厂家, 并做好原材料的入厂检验。

2.2 配方对塑化质量的影响

加入复合稳定剂的作用是抑制 PVC 的“自催化热降解”反应。改变 UPVC 型材配方中复合稳定剂的用量, 保持原料及其它助剂的产地与用量不变, 表 1 列出 2 种不同稳定剂用量的 UPVC 型材实验配方。图 3 示出这 2 种 UPVC 型材配方体系的流变曲线(170℃、60 r/min)。

表 1 UPVC 型材实验配方		质量份	
组 分	配方 1	配方 2	
PVC	100	100	
氯化聚乙烯 (PE-C)	9.50	9.50	
丙烯酸酯类共聚物 (ACR)	2.00	2.00	
复合稳定剂	2.90	4.00	
活性 CaCO ₃	10.00	10.00	
PE 蜡	0.06	0.06	
TiO ₂	4.00	4.00	
紫外线吸收剂 (UV-531)	微量	微量	

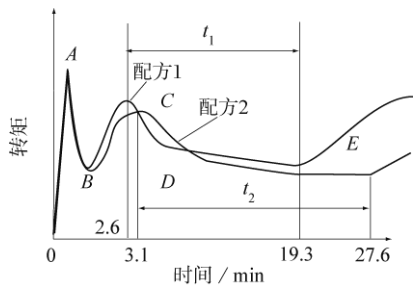


图 3 2 种 UPVC 型材配方体系的流变曲线

从图 3 可知, 加入复合稳定剂少(2.9 份)的“配

方 1”在相同流变参数下达到 C 点塑化转矩所对应的时间到 E 点所对应的分解时间 t_1 明显少于加入复合稳定剂多(4.0 份)的“配方 2”所用的时间 t_2 , 说明“配方 1”的稳定性比“配方 2”的稳定性差。其中“配方 1”和“配方 2”的稳定时间分别为 16.7、24.5 min。

由于“配方 1”中复合稳定剂的用量明显不足, 在加工过程中, 在外部温度与内部剪切力的作用下, 配方体系中的复合稳定剂产生早期消耗, 致使体系中的 PVC 和低分子量物质过早降解或分解, 对整个高温熔体中各组分分子结构的稳定性造成破坏, 导致物料“过塑化”。其结果是 PVC 树脂形成多烯结构, 引起物料变色, 型材的物理力学性能降低。“配方 2”中复合稳定剂的用量比较合适, 能够在较宽的加工工艺范围内得到合格的型材。但是如果复合稳定剂的用量过多, 则会导致物料在挤出过程中“欠塑化”, 也会导致各组分分子之间的稳定性变差, 降低型材的理化性能。表 2 列出不同配方设定的加工工艺条件。

类型	机筒温度				螺杆芯温	过渡体温度	机头温度			
	1 区	2 区	3 区	4 区			1 区	2 区	3 区	4 区
设定值	188	184	178	176	88	170	186	190	190	190
配方 1	188	184	180	191	92	170	186	196	193	194
配方 2	187	184	178	175	88	170	186	190	191	190

实验中发现, “配方 1”在加工过程中机筒 4 区温度失控, 螺杆转矩偏高, 物料从口模挤出后截面内有气孔, 颜色发黄, 明显出现“过塑化”现象, 同时挤出物料太软以致于无法上模定型。而“配方 2”在加工过程中表现比较稳定, 在提高螺杆转速、加大喂料量、提高牵引速率的操作中运转平稳, 利用 80 框模具当生产速率达到 3.2 m/min 时制品仍然全部合格。

2.3 混料对塑化质量的影响

相同的原材料和配方由于混料工艺的不同, 其混合料的加工性能也会有所不同。混料工艺中涉及的影响因素很多。现仅讨论混料温度对 PVC 加工性能和型材质量的影响。

一般来说, UPVC 型材混合料在混料机热混筒内搅拌桨叶高速旋转的作用下, 利用自身的摩擦作用而不断升温, 同时在升温的过程中使 PVC 树脂的细小颗粒与助剂均匀混合, 水分和挥发物挥发, 低熔点助剂开始熔化并包覆在 PVC 树脂表面或被 PVC 树脂吸收。因此混料温度的高低决定着物料混合时

间的长短,在此过程中,通常是通过调整混料温度来控制混合质量的。表3列出混料温度对PVC加工性能的影响。

表3 混料温度对PVC加工性能的影响 ℃

混料温度	机筒温度				螺杆芯温	过渡体温度	机头温度			
	1区	2区	3区	4区			1区	2区	3区	4区
110	192	188	185	182	96	180	186	190	190	191
125	185	182	178	176	85	180	185	190	192	192

从表3可以看出,混料温度的不同,决定物料在混料过程中“预塑化”程度的不同,直接影响到物料的加工性能和挤出制品的物理力学性能。若混料温度低,达不到合理的混合时间,物料不能充分混合,性能指标就偏低。混料温度在110℃时实测焊角强度为4934 N;在125℃时焊角强度为7251 N。如混料温度过高,混合时间过长,不仅不节能,而且还容易使物料分解。因此,生产实践中通常控制混料温度为120~125℃,混料时间在8~10 min。

在实际生产中除控制混料温度外,为了提高各助剂的分散、混合速率,充分发挥各助剂的功能,防止有的助剂过早地发生相互作用,通常在助剂的加入时间和顺序上也会有所选择。比较合理的顺序是在混料机混筒低速运转时加入PVC树脂,在高速运转时依次加入稳定剂、加工助剂、抗冲改性剂、润滑剂、填充剂等。合理的助剂加料顺序有助于混合料凝胶化程度的加深,使物料各组分分子间结构稳定,混合均匀,性能提高,有效避免物料挤出加工时型材发黄、变脆、外形尺寸和壁厚波动较大等现象,从而提高型材的质量。

2.4 挤出工艺对塑化质量的影响

UPVC型材的挤出工艺参数主要包括挤出温度、机头压力、喂料螺杆转速、挤出螺杆转速、螺杆转矩、机筒真空度、定型模真空度、牵引速率等。由于机筒外部加热器提供的热量和内部剪切作用产生的热量达到良好的平衡状态,才能确保物料得到较好的塑化质量。因此挤出温度的控制便成为影响物料塑化质量的重要因素。

利用同一配方和同一条生产线,在保持其它工艺参数基本不变的情况下,只改变挤出温度的设置,利用一组梯度工艺参数来挤出型材。通过对不同挤出温度下生产的型材的理化指标来分析挤出温度对物料塑化质量的影响,并找出合理的挤出温度范围。

图4为设定的不同挤出温度曲线。正常生产

时,螺杆转速一般控制为15~22 r/min,喂料电机转速为22~35 r/min,输出转矩为60%~70%,抽气体真空度为-0.04~-0.08 MPa,机头压力为23~25 MPa。图4所示5种挤出型材的焊角强度分别为3216、4943、7262、6385、3540 N。

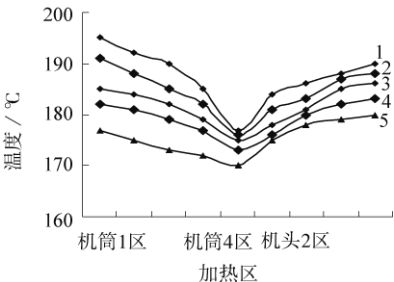


图4 不同挤出温度曲线对比

图4中,曲线1属于高温设置,挤出的型材焊角强度稍大于国标规定的3000 N的合格指标,但低温落锤冲击有3个破裂,多于国标规定的不超过1个的合格指标,所以产品质量已经不合格;曲线5属于低温设置,虽然挤出型材的焊角强度也勉强合格,但低温落锤冲击指标仍不合格;曲线3的温度设置属于最佳设置,在此温度下,型材的焊角强度最高,达到了7000 N以上,并且低温落锤冲击无破裂,说明此种型材具有较高的物理力学性能;而曲线2、4分别位于曲线3的上下范围内,按此温度设置也能挤出合格的型材,但关键指标值仍低于曲线3挤出的型材。

对于定料、定机状态下的型材生产,要保证得到合格的制品,其挤出温度的设置不是唯一的,而是存在一个合理的范围。在此范围内生产出的制品,其质量能够达到合格的要求,但是具体的理化指标值存在着较大的差异。在实际生产中可通过多次实验找到最佳的挤出温度设定值,以求在最佳挤出状态下得到最高的制品质量。

此外,挤出工艺中其它参数的改变也会对物料塑化及制品质量产生影响。因此在生产实践中应不断探索优化各工艺参数的最佳值,才能保证制品的理化性能达到最好状态。

2.5 挤出系统对塑化质量的影响

挤出系统是型材挤出设备中最重要的系统之一。其功能主要是将喂入的PVC干混料进行输送、熔融塑化、加压排气、均化计量挤出。挤出系统主要由螺杆、机筒、机筒外部加热器和冷却风机、螺杆内部循环冷却装置、真空排气装置等构成^[2]。在挤

出系统中对物料塑化质量产生影响的是螺杆结构的设计。

利用同一配方制成混合料,在混料工艺和挤出工艺参数基本不变的情况下,利用两种结构参数不同的螺杆进行同一种制品的挤出,通过检测最终产品的理化性能指标来分析螺杆结构对配方的适应性。表 4 列出两种螺杆结构参数。表 5 列出利用这两种螺杆挤出 UPVC 型材的挤出工艺条件。

表 4 两种螺杆结构参数				mm
参 数		螺杆 1	螺杆 2	
齿 侧 间 隙	输送段	1.88	3.02	
	预塑段	2.00	2.91	
	压缩段	2.18	2.94	
	排气段	3.16	4.58	
	计量段	2.70	4.02	
导 程	输送段	44.00	46.00	
	预塑段	34.00	36.00	
	压缩段	18.00	20.00	
	排气段	120.00	120.00	
	计量段	96.00	96.00	

表 5 挤出工艺参数										℃
机筒温度				螺杆 芯温	过渡体 温度	机头温度				
1 区	2 区	3 区	4 区			1 区	2 区	3 区	4 区	
188	186	182	180	90	168	180	185	188	190	

注:挤出螺杆转速为 27 r/min,喂料螺杆转速为 38 r/min。

实验结果表明,利用“螺杆 1”挤出时,螺杆转矩明显超标,达到了 90% 以上,机筒 4 区温度失控,挤出的型材粘度过低,表现很软,熔体发泡、变黄,产生了“过塑化”现象。利用“螺杆 2”挤出时,设备运转正常,螺杆转矩为 78%,机头压力为 29 MPa,牵引速率为 2.3 m/min,所生产的型材各项理化指标均合格。

表 6 为 UPVC 型材体系的流变特性。从表 6 可以看出,该体系需要的塑化时间为 3.2 min。“螺杆 1”与“螺杆 2”相比,虽然各段的螺纹头数相同,但由于齿侧间隙值和前三段导程较小的原因,使得物料在挤出系统中停留时间过长,超过了物料塑化所需要的时间,导致物料“过塑化”。加大导程和齿侧间

隙的“螺杆 2”,其塑化能力能较好地适应物料的要求,缩短物料在挤出系统内的停留时间,因此能生产出合格的制品。实际上,“螺杆 1”这种结构的螺杆在加工塑化时间大于 3.6 min 的物料时是比较正常的。这就充分说明螺杆的结构参数与物料的配方之间存在着一定的适应关系。目前各型材生产厂家的配方各种各样,其混合料的塑化时间各不相同,这就要求挤出设备生产厂家应根据用户材料的加工性能,认真分析螺杆与将要加工物料之间的适应关系,使螺杆的塑化能力范围充分满足物料加工的需要,以免利用同一种结构的螺杆仅靠调整其它工艺参数去加工不同的物料所带来的难以保证制品质量的影响。

表 6 UPVC 型材体系的流变特性	
项 目	数 值
物料表观密度/ $\text{g} \cdot (\text{100 mL})^{-1}$	62.8
塑化时间/min	3.2
塑化转矩/ $\text{N} \cdot \text{m}$	26.0
平衡时间/min	7.0
平衡转矩/ $\text{N} \cdot \text{m}$	25.3
平衡料温/℃	200.0

3 结 语

综上所述,影响 UPVC 型材塑化质量的关键因素包括原材料、配方、混料工艺、挤出工艺、挤出设备等。由于实验条件的限制,在实验过程中只是挑选了几个主要变量进行分析、讨论。实际上,UPVC 型材的生产工序较长,从原材料、功能助剂进厂检验开始,到配方设计、精准配料、混料、挤出、检验、包装、存放等工序都应建立科学有效的质量控制体系。同时,各个生产工序都应建立相应的操作规程、工艺卡片、质量管理制度和质量检验标准,以保证向市场提供优质的型材产品。

参 考 文 献

[1] 刘晓明. 硬聚氯乙烯改性加工[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.

[2] 北京化工大学, 华南理工大学. 塑料机械设计[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1998.