

挤出制品熔接痕的形成、结构分析

马一青

(陕西纺织器材研究所, 咸阳 712000)

摘要 对挤出制品熔接痕形成的原理进行细致的分析, 指出制品的熔接痕有“V 形槽”及“弱连接”两种形式。

熔接痕的强度及物理力学性能远远低于制品的其它部位。研究发现, 熔接痕的结构与材料配方、挤出机机头模具及加工工艺参数均有关系。

关键词 挤出制品 熔接痕 结构

挤出制品除棒材及片材不存在两股熔料的相互熔接部位外, 其它如塑料型材、塑料管材等在挤出成型中, 由于在挤出机机头模具内设置了分流筋, 形成管材时就会在口模部位出现熔接痕。在这几类制品中, 熔接痕的强度及物理机械性能是整个制品最薄弱的部位。

熔接痕的存在不仅影响了塑料制品的表面质量, 更重要的是熔接痕的形式及结构不同于塑料制品的其它部位, 使得此处的所有性能远远低于其它部位。笔者通过研究挤出制品熔接痕的形成原理总结了熔接痕的结构与材料配方、机头模具及加工工艺参数的关系。

1 挤出制品熔接痕形成的原理

1.1 挤出机头的一般形式^[1]

挤出制品熔接痕产生及形成的整个过程在挤出机机头模具中完成。一般挤出中空型材及管材的常用机头结构如图 1 所示。

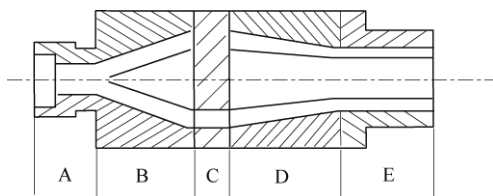


图 1 挤出机头流道示意图

将机头流道分为五个区, 每个区均具有不同的作用。

(1) 喉结流道区(A区) 喉结的作用是将挤出机挤出熔料的螺旋流动完全转化为直线流动。此段的长度及内径大小会给挤出机一个反作用力, 因而喉结流道偏小, 挤出机给予熔料的动力便会增大。

(2) 扩张区(B区) 将从A区流动的圆形熔料转化为制品的初步形状。

(3) 分流支架(C区) 对于异型材及管材, 分流支架是必不可少的。支架是连接芯模和口模的必

备部件, 支架上的分流筋将熔料分成若干股。

(4) 压缩区(D区) 为了消除分流支架产生的合流缝和流体受压缩后产生的非平行流动, 压缩区应设计成渐缓式, 压缩角不宜过大。否则使压缩过快, 容易引起流动不稳定。

(5) 定型区(E区) 定型区使料流从被迫压缩转化为逐渐缓行。此时熔体逐渐松弛, 熔接痕部位进一步熔接, 消除压缩产生的内应力。此区也称为端截面流道。

1.2 熔接痕形成的区域

从熔料流经挤出机机头的形式变化中不难看出, 熔接痕主要在挤出机机头的C区、D区、E区产生及形成。其中C区为熔接痕初始产生部位; D区为熔料压缩、熔接痕熔合粘接区域; 到达E区熔接痕进一步熔合、减小及消除。

1.3 熔接痕的结构形成过程

塑料熔体流经挤出机机头时的截面形式变化如图 2 所示。通常, 熔接痕产生的整个过程发生在图 2 的C区后端至D区的前端。进入E区后则仅仅能给形成的熔接痕一定的补强作用。

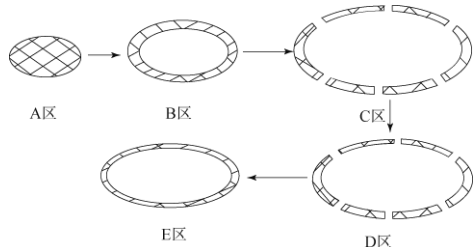


图 2 塑料熔体流经挤出机机头的截面形式变化示意图

从图 2 的C区~D区之间取一片(单元)熔料片, 如图 3 所示。

熔体受压缩后的端面示意图见图 4。此时 $L_2 > L_1$, $H_2 < H_1$ 。

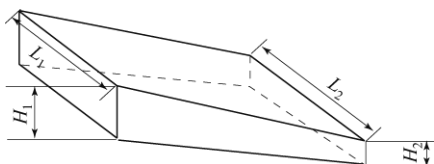


图3 流道单元分析示意图

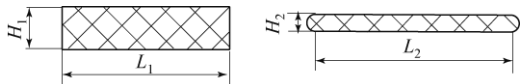


图4 单元片两端面示意图

一般说来,熔体受力后存在一个不同方位的流动变化,如图5所示。

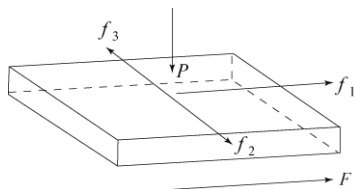


图5 熔体受压方向变化示意图

熔料沿 F 方向流动,受压缩后必然产生 f_1 、 f_2 、 f_3 三个不同方向的流动,熔体的熔合和粘接主要依靠 f_1 与 f_2 方向的力。

塑料熔体在机头内流动时,基本上是两个层面料温低、粘度大,而中心层温度高、粘度低。A、B 两片熔体同时受压缩熔合如图6所示,芯层热熔料相互浸入粘接,形成熔接痕。

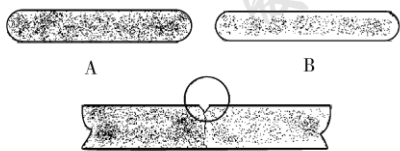


图6 A、B 两片熔体同时受压缩熔合示意图

1.4 熔接痕中的熔接行为

熔体在熔接痕处两部分熔料中的分子链相互扩散渗透。其中界面的分子链段通过热运动相互扩散使界面分子相互熔浸,从而产生一个扩散层。熔体中心层受压缩力的作用,同时在热运动的作用下,相互扩散较快,很快完成熔接。要使链段及大分子相互扩散,熔体的温度必须高于分子粘弹温度。

高分子链段通过分子扩散很快从一个平衡态达到与外界相适应的一个新的平衡态,这个过程一般不能即时完成,必须具备一个松弛时间^[2]。

在挤出过程中,松弛过程发生在制品定型区即E区,因而E区的工艺条件控制是保证分子链段松弛所需的内聚能及时间。

1.5 熔接痕的形式

挤出制品熔接痕的形状很多,但基本上可以分

为V形槽连接和弱连接两种形式。

(1) V形槽连接

在大多数挤出制品中,熔接部位往往都具有“V形槽”结构,如图7所示。

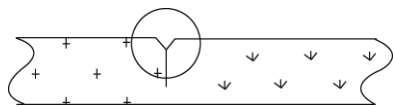


图7 熔接痕V形槽示意图

表面V形槽形成的原因是:①由于熔料在压缩后定型熔合时缺料所致,即压缩比与挤出速度不匹配,挤出速度慢,从而压缩程度不足;②由于口模温度不合适,壁面的熔料冷却快,使熔料难以给表面提供补塑的机会。

(2) 弱连接

挤出制品的弱连接熔接痕主要有如图8所示的a、b、c三种形式。

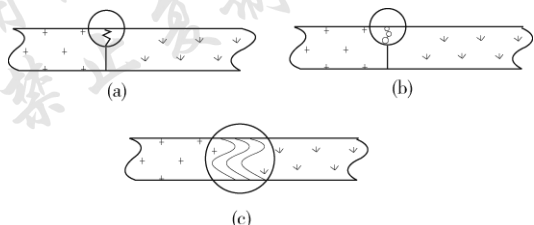


图8 弱连接熔接痕的三种常见形式

图8 a为两股熔料在熔接部位产生凝料,使分子状态发生变化,凝料相互粘接,内部分子不能靠热运动相互扩散渗透,最终形成以凝料为中心线的熔接痕。图8b所示熔接痕为熔料因温度过高而发生分解等现象,使气体被裹在扩散熔合的料层中。图8c所示熔接痕为过度压缩使分子链段沿一定方向取向,并且难以松弛,阻碍了分子的扩散、渗透、熔合。这三种形式的熔接痕是目前挤出制品中常见的。

2 熔接痕对制品性能的影响

2.1 对制品表面性能的影响

熔接痕的两种熔接结构使制品的表面不同程度地留有缺陷,V形槽一般不在制品的表面而在内表面形成一条熔接痕,并将制品分成若干等分。虽然内在性能达到要求,但在使用者心理上留下缺憾。弱连接的b种形式会使制品表面形成一条类似于分解的痕迹。

2.2 对制品冲击性能及压缩性能的影响

通常挤出制品熔接痕的冲击性能及压缩性能均低于其它部位。熔接痕的强度与熔接痕的形式有

关,即弱连接 $a < \text{弱连接 } b < \text{弱连接 } c < V \text{ 形槽}$,同时与材料关系也很大。成分单一的塑料制品,熔接痕的强度降低较少;添加辅料的塑料或多组分塑料,熔接痕的强度便低很多。笔者曾经对 PVC 型材作过初步测试,熔接痕的冲击强度是正常部位的 28% ~ 40%。总的来说,管材及型材的破裂几乎都在熔接痕处。

3 材料、加工参数与熔接痕结构的关系

3.1 单组分塑料与熔接痕结构的关系

3.1.1 结晶行为

塑料在有结晶行为或者结晶度较高时对熔接痕的形式影响较大。大分子链的松弛运动往往发生在玻璃化转变温度以上,且在粘流状态运动最快。而具有结晶行为的塑料熔体有明显的熔点,在熔点温度以上结晶塑料的分子链运动比非结晶塑料要快,因而会在熔接痕部位结晶,使熔体成为一体,而结晶度高的塑料熔接痕一般不明显,熔接痕处的强度与其它部位没有差别或差别很小。

无定形塑料或弱结晶塑料不具有明显的熔点,只有熔化的温度起始点^[2]。虽然这类塑料的粘流温度比玻璃化转变温度低,但分子链的扩散能力却较结晶塑料弱,因而这类塑料易产生熔接痕。但总的来说,分子链要扩散活动,必然要获得相应的内聚能,于是适当提高熔体温度或延长熔体在模具中的滞留时间,熔接痕现象就会有所改善,但也会有不良的一面,如提高熔体温度,必然会导致收缩,加重 V 形槽现象。

3.1.2 塑料熔体粘度

无定形塑料的熔体粘度对熔接痕也有影响。一般粘度大的塑料常见熔接痕形式为弱连接,出现 V 形槽形式较少,而粘度较小的无定形塑料常常会出现 V 形槽。为了改善熔接效果,最大程度地消除熔接痕,必须有效地控制好塑料熔体流经机头时的粘度,这是最有效的办法。

3.2 多组分塑料与熔接痕结构的关系

因为塑料配方影响着各组分熔体的粘度,因此多组分塑料挤出时熔体在熔接痕部位的熔接状况受配方的影响较大。另外,多组分塑料中常常添加一部分无机填料以降低成本,由于无机填料的相容性较差,并且加入后使整个塑料的熔体粘度有所增加,因而无机填料的添加量也是影响熔接痕的关键因素^[3]。为了改善材料之间的相容性,常常添加一些增容剂、偶联剂等改性剂。

3.3 加工工艺参数对熔接痕结构的影响

3.3.1 塑化熔融程度^[4]

塑化熔融程度经常用熔体中完全达到粘流态的熔体量衡量。它不但体现了熔体温度的均一性,而且体现了熔体中分子链段所获的运动能量是否一致。如果塑化熔融程度较高,熔体在分隔后汇合过程中分子链段的扩散运动能力强,熔接痕就会减小或消失。

塑化熔融程度高不意味着提高熔体温度,提高熔体温度可能导致熔体分解或者汇合后定型时收缩过大,同时会导致 V 形槽的出现。

减少熔接痕现象必须提高塑料的塑化熔融程度,不宜一味地提高熔体温度。挤出机是向机头模具提供熔体的设备,因而在调整挤出成型工艺时应控制料筒的加热温度,控制好挤出速度与加料速度的关系。

3.3.2 挤出机机头温度的控制

从图 2 塑料熔体流经挤出机机头的截面变化示意图可以看出,产生熔接痕及控制熔接痕形成的主要部位在机头的 C、D、E 三区,那么机头的温度控制重点也在这三区。

依据材料性能的不同,机头温度控制区有一定差别。一般机头 C 区、D 区为一个温度控制区,E 区为另一个温度控制区,便于通过调节加热温度来控制熔体在熔合过程中的温度变化。同时温度的控制与模具在此区的压缩比有关,压缩比大时熔体温度相对要控制低一点。熔体在 E 区为熔合后的巩固区。为了便于熔接痕的熔合,巩固区温度及模具的长度为两大控制要素。E 区的温度应低于 C 区、D 区,以便于熔体在此段降低温度,使分子链段的运动实现初步的静态。如果口模温度过高,不能凝结一部分分子链段的运动能,挤离口模的型材坯料就会出现膨胀,易形成 V 形槽熔接痕。

对于多组分塑料来说,影响熔接痕状态的因素较多。为了便于从温度上控制,防止 C 区、D 区与 E 区温度的相互传导,导致温度控制不精确,特地增加了一个绝热层,使口模温度更易控制,并且非常精确。

3.4 机头模具的压缩比和平直部分尺寸

机头模具的压缩比大,熔料在 D 区滞留时间长,便于分子链段的扩散运动。对于非热敏性及非结晶性塑料来说,适当提高机头、模具压缩比是消除熔接痕的有效办法,但对热敏性塑料及多组分塑料,

压缩比则不宜过大。

平直部位尺寸是熔合后熔体定型的关键尺寸。按常理讲定型时间长有利于消除熔接痕,但对生产效率有影响。

4 结语

(1) 挤出制品的熔接痕有 V 形槽及弱连接两种,熔接痕的强度常低于其它部位。

(2) 通过调整材料配方,合理设计挤出机头模具

具的结构,优化调整工艺参数,均能改善熔接痕的形式及提高熔接痕的强度。

参考文献

- 1 塑料模设计手册编写组.塑料模设计手册.北京:机械工业出版社,1992.
- 2 中国科学技术大学.高聚物的结构与性能.北京:科学出版社,1986.
- 3 王文广.塑料配方设计.北京:化学工业出版社,1998.
- 4 成都科技大学.塑料成型工艺学.北京:中国轻工业出版社,1983.

ANALYSIS OF FORMATION AND STRUCTURE OF WELD MARK IN EXTRUSION PRODUCT

Ma Yiqing

(Shanxi Research Institute of Textile Accessories, Xianyang 712000, China)

ABSTRACT The formation principle of weld mark in extrusion product was analyzed finely. It was pointed out that the weld mark had two forms such as notch and weakly connected. The strength and mechanical property of weld mark were for less than those of other parts. The research showed that the structure of weld mark was connected with the material formulation, die mould of extrusion machine and parameters of processing technology.

KEYWORDS extrusion, weld mark, structure

农药采用塑料包装渐成主流

我国是世界第二大农药生产大国,可生产原药品种 200 多个,年生产能力超过 75 万 t,产量近 40 万 t,其中 2/3 为液态剂型。如今,塑料包装已逐渐成为农药包装的新宠。

目前,我国农药包装中采用塑料瓶包装仅占 10%,长期以来液剂农药一直采用玻璃瓶包装,但玻璃瓶存在明显缺陷。一是破损率高,据统计,玻璃瓶包装液剂农药从出厂到农户使用,破损率一般达到 10% ~20%,不仅加大成本,而且污染环境。二是玻璃瓶内塞封口不严,泄漏居高不下。三是计量不便,瓶上的刻度不太精确,使用时容易造成过量或用量不足,对作物不利或导致害虫、病菌的抗药性。此外,瓶子难以回收,同时玻璃瓶较笨重,加大了运输成本。农药包装质量的好坏直接关系到几亿农民的安全和利益。为了改变液剂农药包装存在的问题,1992 年原化工部就提出以塑代玻的发展战略。几年来,塑料行业积极配合化工农药部门推广应用塑料瓶包装,现在每年使用 1 亿多个。实践证明,塑料瓶包装农药将具有良好的发展前景。(王晖)

可降解塑料包装亟待开发

有关统计资料表明,我国每年消费的快餐盒大约 60 亿只、方便面碗 50 亿只,今后产生的包装垃圾将以每年 3% ~5% 的速度递增,据预测,2005 年中国难以回收利用的塑料废弃物将达 350 万 t,由此引发的环境问题日益严重。若其中 50% 采用可降解塑料替代的话,则可降解塑料的需求量将达到 175 万 t,因此环保人士分析指出,可降解塑料在中国具有较大的市场潜力,加快可降解塑料产业的发展势在必行。

现在,美国、日本、德国等国家正大力发展可降解塑料。可降解塑料在废弃后能被土壤里的微生物所分解,化作无害

于自然环境和人体的物质,目前大都使用玉米制造的聚乳酸作原料。我国也正在抓紧制订制止“白色污染”政策法规,可降解塑料的产业发展前景被业内人士看好。

使用可降解塑料最多的是传统塑料制品,如包装用品和一次性生产用品。另外值得开发的市场是各种日用品、文具、玩具、土建工程用品和医疗塑料制品。

目前,因为进入这个领域的企业少,而市场需求大且产品附加值高,特别是目前国内已开始大力实施沙漠治理、荒山植树种草、城市规划以及各类护坡、固土工程等,一次性塑料制品的使用量将大增,这对可降解塑料来说是个良好的机遇。发展可降解塑料包装制品是我国包装工业的未来趋势。

(邱美辉)

塑料合成纸

塑料合成纸是一种新型塑料制品,通过各种新技术的运用,这种合成纸同时具有塑料和纸的双重特性,不但具备了普通纤维纸的功能,而且还具备了塑料强度高、防水防潮、耐油脂和酸碱腐蚀、抗虫蛀、尺寸稳定、耐折叠等优点。该产品生产过程无污染,可以 100% 回收并循环使用,是现代纸张生产的一次重大改革。

目前,合成纸产品的世界销售额每年以 10% 的速度递增,合成纸部分取代普通纤维纸的步伐在加快。以塑代纸,可以节约大量的森林资源,据初步估算,每生产 1 t 合成纸,可以节约 10 m³ 木材,可以节电 280 kW · h,节约淡水 110 t。传统纤维纸生产过程中会产生大量废水,这些废水的转化技术尚未完全解决,且需要耗用大量资金,而合成纸生产过程仅需要循环冷却水,因此合成纸的生产对环境的污染较小。

合成纸的应用范围大大高于传统纤维纸,可用于包装、装饰、广告,还可以代替铝材、马口铁等材料。(张勇)