

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.12.017

PC/ABS 挤出成型及模具设计

王涛

(连云港杰瑞自动化有限公司, 江苏连云港 222006)

摘要:以硬质聚氯乙烯(PVC-U)常规挤出成型设计为基础,介绍了聚碳酸酯(PC)/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)挤出成型过程中工艺参数的选取及挤出模头设计相关参数的确定方法,对PC/ABS材料的挤出成型提出了一系列新的设计思路。通过优化阻流筋设计使流道形状达到平缓过渡的效果,有效防止糊料、暗痕现象的产生;通过真空腔与多个真空孔连接,多个孔与吸附槽连接的方式来提高真空强度,使型坯与模具型腔面贴合更加紧密,成型尺寸更加精确;采用气、油、水组成的新型综合冷却方法,有效解决型坯在定型模中冷却速度过快带来的牵引困难、成型不规整、表面质量差等问题。最终挤出成型的PC/ABS型材尺寸满足要求。

关键词:挤出成型;优化设计;综合冷却

中图分类号: TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)12-0090-06

Extrusion Molding and Die Design of PC/ABS

Wang Tao

(Lianyungang Jerry Automation Co., Ltd., Lianyungang 222006, China)

Abstract: Based on the conventional extrusion design of rigid polyvinyl chloride (PVC-U), the selection of technological parameters and the determination of related parameters of extrusion die design in the extrusion process of polycarbonate (PC) / acrylonitrile-butadiene-styrene (ABS) were introduced. A series of new designs for the extrusion of PC / ABS were put forward. By optimizing the design of the rib, the runner shape can be smoothly transitioned to the effect, and the phenomenon of paste and dark mark can be effectively prevented. The vacuum strength is improved by connecting a vacuum cavity with a plurality of vacuum holes and a plurality of holes with an adsorption groove, so that the billet and the mold cavity surface are more closely bonded and the molding dimension is more accurate. A new comprehensive cooling method consisting of gas, oil and water can effectively solve the problems of drawing difficulty, irregular forming and poor surface quality caused by excessive cooling speed of billet in the mould. Finally, the size of the extruded PC / ABS profile meets the requirements.

Keywords: extrusion molding; optimal design; integrated cooling

聚碳酸酯(PC)/丙烯腈-丁二烯-苯乙烯塑料(ABS)材料结合了ABS的成型性及PC的力学性能和耐温、抗紫外线等性质,是世界上销售量较大的商业化聚合物合金之一^[1]。此种材料广泛应用于汽车内外饰;商务设备机壳和内置部件;电子电器产品外壳;家用开关,插头和插座,电缆电线管道等。PC/ABS材料的主要成型方法有注塑成型、压注成型和挤出成型等。其中在挤出成型生产过程中,会出现牵引阻力大、局部成型不规整、产品表面不平或有暗痕的现象,严重降低了产品的生产效率和产品合

格率。现在以硬质聚氯乙烯(PVC-U)常规挤出成型设计为基础,通过性能参数对比,对PC/ABS材料挤出成型提出了一系列新的设计思路,优化模头流道设计,提高定型模局部型腔的真空强度,在定型模采用了气、油、水共同组成的新型综合冷却方法,可以有效解决以上问题。现以用PC/ABS材料挤出成型某一断面型材的设计为例予以阐述。

1 挤出成型条件

1.1 材料分析

PC/ABS材料目前市场主流配比为PC占60%

通讯作者: 王涛,工程师,主要研究方向为塑料异型材模具设计 E-mail: wt0911716@126.com

收稿日期: 2018-09-16

引用格式: 王涛. PC/ABS挤出成型及模具设计[J]. 工程塑料应用, 2018, 46(12):90-95.

Wang Tao. Extrusion molding and die design of PC/ABS[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(12):90-95.

~70%, ABS 占 30%~40%。不同的配比主要是为改善 PC 的熔融流动性、成型性、可电镀性、外观性以及提高 ABS 的耐热性、抗冲性和薄壁制品的刚性。但就总的改性目标而言,获得良好成型性、外观性及降低 PC 成本是最重要的。PC/ABS 与 PVC-U 材料一样同属于非结晶型高分子材料,其形态随温度变化见图 1,其中 T_g 代表玻璃化转变温度, T_f 代表黏流态转变温度,下标 1,2 分别代表 PVC-U 和 PC/ABS 材料。由图 1 可看出,两者的整体形态随温度变化趋势是相似的,只是 PC/ABS 材料具有相对较高的玻璃化转变温度和黏流态转变温度。

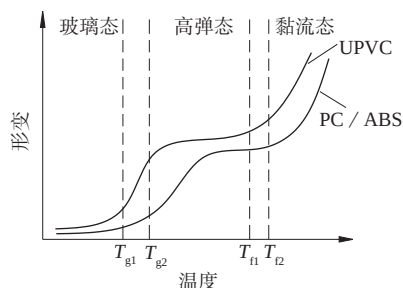


图 1 温度-形变曲线图

表 1 列出两种材料的性能参数对比。由表 1 可知,两者的密度与膨胀系数相当,收缩率也相差不大,除了形态转化温度差别较大外,仅有熔体流动速率有一定区别。这说明 PC/ABS 材料挤出成型结构是可以建立在 PVC-U 挤出成型结构基础上的,但是由于某些性能参数的不同又决定了其挤出成型结构不能完全相同,否则就会产生一系列成型问题。如:PC/ABS 的熔体流动速率远高于 PVC-U 材料,说明熔融状态下其流动状态较好,那么挤出模具模头与定型模间距不能过大,否则型坯由模头进入定型模过程中,会由于弯曲形变过大易发生堵模现象。

表 1 两种材料的主要性能参数对比

项目	PC/ABS	PVC-U
密度/(g·cm ⁻³)	1.15	1.38
收缩率/%	0.4~0.6	0.3~0.5
T_f /℃	230~300	160~180
T_g /℃	120~150	75~105
熔体流动速率/[g·(10 min) ⁻¹]	16~20	5~9
膨胀系数	7.2×10^{-5}	8×10^{-5}

1.2 断面分析及工艺条件

图 2 为目标型材制品断面示意图。目标型材属于穿线盒类型材,主要应用在电缆、电线保护管道范围。此断面包含了单臂和腔体,具有一定代表性。虽然结构相对简单,但是一般对其单臂外表面的平整度和光亮度都有较高要求,又由于其宽度较

大,单臂收缩的绝对值也相对较大,如果在定型模中不能达到缓慢平稳的冷却效果,极易产生卡模、堵模现象,给调试生产带来难度。产品主要参数要求如下:生产速度 ≥ 1.5 m/min,壁厚公差 ± 0.1 mm,外形公差 ± 0.2 mm,米重 1.48 kg/m $\pm 2\%$ 。

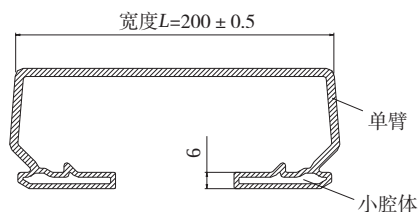


图 2 断面图

结合断面及材料性能参数可以初步设定主要生产工艺参数如下:螺杆温度 85℃;螺杆 1 区温度 255℃,2 区温度 250℃,3~4 区温度 245℃,5 区温度 230℃;模头压力 25 MPa;连接体温度 220℃;模具 1 区温度 220℃,2~5 区温度 230℃;主机真空度 -0.06 MPa。

2 模具设计

2.1 总体结构

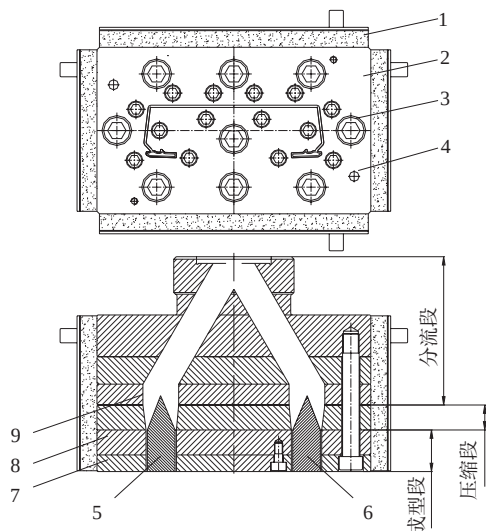
挤出成型是物料经过挤出机和挤出模具的加热、塑化、均化、挤压、输送、成型及定型等过程的加工处理,使其成为能够使用的制品的过程^[2]。挤出成型生产线主要设备一般包括挤出机(主机)、附属设备(辅机)和挤出模具三部分,其中挤出模具是挤出生产线的核心部分,对制品的形状、尺寸精度、表面质量、理化性能、挤出效率等都有一定或决定性的影响。挤出模具主要由模头、定型模、水箱组成。

2.2 模头设计及优化

模头的作用是在一定的温度和压力下,将挤出机混炼塑化后的熔体通过模腔流道几何形状和尺寸的变化,使之形成符合预定断面形状连续型坯^[3]。

(1) 模头基本结构及参数确定。

从模头挤出的塑件型坯并不是所要求的最终制品,只是在形状上相似。塑化了的物料从挤出机进入模头时几何形状一般为圆形。根据模头在物料从圆形向几何形状变化的过程中所起的不同作用,可将模头划分为三个区段,即供料分流段、压缩段和型坯成型段,考虑加工工艺、加工成本及后期修模等因素,又将模头的三个区段分成一定数量模板^[4]。图 3 为 PC/ABS 型材模头基本结构图,其总体结构框架遵循以上原则,但各个区段具体长度则根据自身材料性能特点而定。



1—加热板;2—模头模板;3—联接螺钉;4—定位销钉;5—左型芯;
6—右型芯;7—口模1;8—口模2;9—流道型腔

图3 PC/ABS 型材模头基本结构图

黏流态的物料在模头挤出成型过程中受压缩、拉伸等作用产生弹性形变,当它离开口模时产生弹性回复(即巴拉斯效应)^[5];同时由于型材牵引速度大于口模出料速度(使分子链定向排列),在冷却过程中会产生一定的收缩使型材外形尺寸变小,因此在口模设计时需适当放大外形尺寸并减小壁厚。同时影响壁厚间隙尺寸的因素还有如熔体压力、熔体温度、物料的塑化情况等诸多因素。一般模头出口间隙取断面壁厚尺寸的0.90~0.95。型腔单臂外形尺寸根据物料收缩率值放大,型材腔体部分的外形尺寸由于在后续干定型过程中周边真空度较高,真空吸附较好,其尺寸受干定型段型腔尺寸影响较大,可由式(1)经验公式计算而得。

$$H = k \cdot H_1 \quad (1)$$

式中: H 为模具型腔尺寸; k 为经验系数,取1.015~1.025; H_1 为型材要求尺寸。

成型段与分流段长度关系可用式(2)表示^[6]。

$$\frac{L_1}{L_2} = \left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^{\left(1+\frac{2}{m}\right)} \quad (2)$$

式中: L_1 为成型段长度; L_2 为分流段长度; ε 为压缩比; m 为熔体流动速率。

其中压缩比 ε 是指模头流道内最大过流面积与模头出口处过流面积的比值。压缩比的合理取值有利于提高型材致密性并使型材具有良好的理化性能。其大小主要取决于原料特性、状态、挤出机的类型以及异型材的壁厚。 ε 一般经验值2.5~4.5,本次

取值3; m 取20 g/10 min。最终得到分流段的长度约是成型段长度的3倍。

模头成型段长度是指在挤出方向上保持口模间隙的部分,是型坯的形成段,同时也是保持模具挤出背压的主体部分^[7]。成型段长度在多数资料中是根据模具流道的几何特征参数、允许压力降大小、物料的流动度系数等进行计算的表达式。在异型材挤出模头的设计过程中,更多地使用式(3)经验公式。

$$L_1 = (20 \sim 40) \cdot \beta \quad (3)$$

式中: β 为模口间隙尺寸。

综上所述,模头相关设计参数整理如下:出口间隙放大比率0.9;压缩比3;单臂放大比率1.045;腔体放大比率1.015;成型段长度55 mm;分流段长度165 mm。

(2) 模头流道优化设计。

由于制品断面腔体较小,导致其型芯高度尺寸较小,仅有6 mm左右,如果按常规PVC-U挤出模具设计,型芯吊装在分流板上,型芯需从分流板一直延伸至口模1,型芯高度方向的抗弯强度较差,模具在生产或加工返修过程中,容易造成型芯的弯曲甚至损坏。将左右型芯吊装在模板2上可以有效减短型芯长度,避免以上问题的产生。但是这又会带来新的问题,型芯吊装在口模2上,由于支撑筋距离模头出口面较近,在型材表面支撑筋对应位置又会产生凹痕现象。这是因为由于熔融状态的物料被支撑筋分割后,来不及重新融合完全所导致的结果。图4为支撑筋优化设计结构,将支撑筋设计成出入口异型的形式,并在支撑筋附近给予一定的物料补偿,来达到增加支撑筋附近的物料压力,使其在流出模头之前融合更加充分,可以解决凹痕现象。同时,由于型芯长度减短,使得在分流段型腔成为了单独的空腔,为保证料流道均匀性,通常会在空腔里设计若干限流筋来达到阻流效果,减缓空腔料流速度,但是限流筋根部空间较小,物料流动不顺畅,容易出现糊料进而导致产品表面有暗痕的产生。为此可以进一步优化型腔设计,如图5所示,通过此种不采用限流

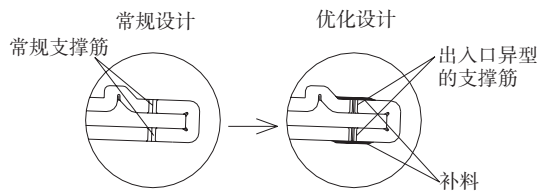


图4 支撑筋优化设计图

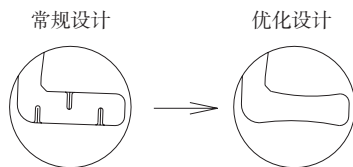


图5 阻流优化设计图

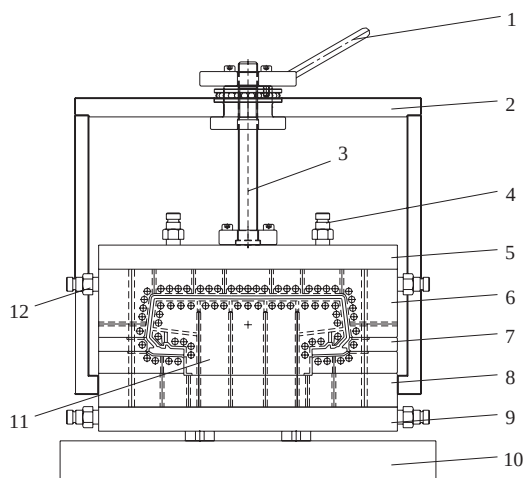
筋设计而仅通过改变型腔形状的办法,既起到阻流作用又能达到物料顺畅流动的效果,有效防止了暗痕的产生。

2.3 定型模设计及优化

(1) 基本结构及型腔尺寸。

干定型段模简称定型模,是利用干定型法将高温熔融型坯冷却成型的一段模具。其原理是模头的型坯在牵引力的作用下从定型模的空腔中通过,在定型模空腔的内表面设置有真空吸附单元,使得型坯能够紧贴在型腔表面滑移并与型腔表面发生热传导,型坯逐渐冷却定型,模板的热量又通过冷却水道中的冷却水带走。定型模最显著的特点是,型材成型过程并不与冷却水直接接触^[8]。

图6为PC/ABS材料定型模基本结构。图6是在常规PVC-U定型模基础上增加了丝杠开合模装置,定型模主要由上下模板、侧模板、镶件板和上下盖板由螺钉联接而成。由于此断面宽度较宽,定型模上模板(需开启的模板)相对较重,PC/ABS材料在调试生产过程中易发生堵模现象,采用丝杠开合模可以使工人及时且方便地完成模具开合操作。



1—旋转把手;2—起吊支架;3—丝杠;4—气管接头;5—上盖板;
6—上模板;7—侧模板;8—下模板;9—下盖板;10—底脚板;
11—镶件板;12—冷却管接头

图6 PC/ABS 定型模基本结构图

制品的最终几何尺寸精度主要是由定型模控制的。定型模的长度可以通过类比法取300 mm左右,长度过长不仅会增加成本,还会使牵引过程中的阻力增加,容易造成型材牵引时抖动甚至卡模现象;长度过短又会使型坯还未达到完全冷却定型就进入后续模具部分(湿定型部分),使制品达不到要求尺寸。定型模中的型坯在冷却过程中存在收缩现象,所以定型模的尺寸还不是最终制品要求的尺寸,需要有一定的放大量。通常入口端面型腔径向尺寸可由式(4)计算得到^[9]。

$$L = \left(l + \frac{\Delta}{2} \right) \cdot (1 + q) + i \quad (4)$$

式中: l 为型材公称尺寸; Δ 为型材尺寸公差; q 为型材收缩率; i 为型材与模具之间滑动间隙,一般取0.1 mm。

本次型材宽度 $l=200$ mm, $\Delta=0.5$ mm, q 取值0.5。得出定型模型腔宽度尺寸 $L \approx 201.35$ mm。

(2) 真空强度及冷却方法优化设计。

型坯离开模头后,在自重和内应力的作用下很快变形。进入定型模后,在真空吸附力作用下与定型模型腔吻合,依靠冷却液的冷却,按型腔形状准确定型。所以在定型模中,除了型腔尺寸的设计外,真空强度以及冷却作用对型材最终尺寸起着至关重要的作用^[4]。但是由于断面自身结构特点以及加工工艺条件限制,按常规设计方法使得制品有些位置无法获得足够强的真空度,无法使型坯与定型模贴合紧密,影响成型尺寸。图7为真空吸附优化设计图。

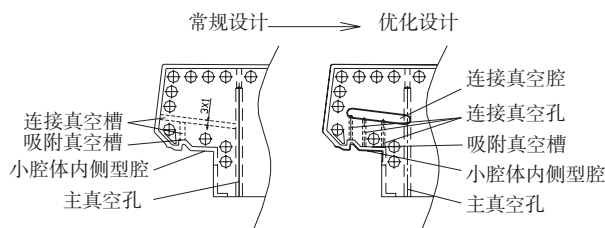


图7 真空吸附优化设计图

在镶件板常规设计中,吸附真空槽宽1 mm,为了不使型腔表面有较大缺陷从而影响制品表面质量,一般连接真空槽的宽度与吸附真空槽款相等,都为1 mm,同时为增强真空度,长度方向可以取2~3 mm,这样就形成了吸附真空槽通过两段3 mm×1 mm的连接真空槽与主真空孔相通。但是这种槽与槽相对接的连接方式严重限制了真空强度的提高,再加上加工误差等因素,使得小腔体内侧型腔的

真空度无法达到所需强度,造成小腔体成型不规整,成型尺寸较差。通过优化设计,将较长的一段连接真空槽改成真空腔的形式,将较短一段连接真空槽改成多个直径为1 mm的真空孔。生产实践证明,这种采用腔与多个孔连接,多个孔与槽连接的样式可以有效达到增强真空度,提高制品尺寸精度的效果。

在定型模中,物料形态是从黏流态逐渐转变成高弹态,最终达到玻璃态的过程^[10]。定型模常规冷却方法主要是通过水泵使常温冷却水在冷却孔中循环流动,与模具实现热交换,最终达到冷却型坯的作用。由于PC/ABS材料的黏流温度要远高于PVC-U,如果使用常规水冷却方法,会导致型坯冷却过快,型坯还未达到理想尺寸就已经冷却至玻璃态,从而产生制品形状不规则、表面质量差的缺陷,并且冷却过快,型坯提前定型,减少了与模具的缓冲间隙,增加了牵引阻力,造成了牵引困难等问题。将常规水冷优化成由气、油、水共同组成的新型冷却方法,可以避免以上问题的产生,具体结构如图8。

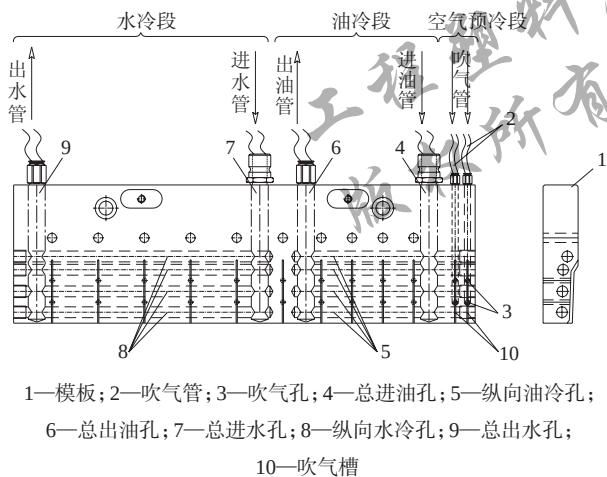


图8 新型冷却系统结构图

当黏流态型坯经过定型模时,首先进入空气预冷段,具体结构是在定型模模板的入口端,通过两排吹气管、吹气孔及吹气槽,在气泵的作用下向型坯表面吹气;吹气槽宽度0.8 mm。可通过阀门合理控制吹气强度,尽可能保证既有较大吹气强度的同时,也应避免吹气过大使型材表面产生凹痕。接着型坯进入高温油冷段,结构见图9。

在定型模外部设置有恒温油箱,使冷却油温度始终保持在60~80℃,恒温油箱底部分别安装有出油管以及回油管,出油管的一端安装有油泵,油泵另一端连接至定型模模板的总进油管接头上,油泵提

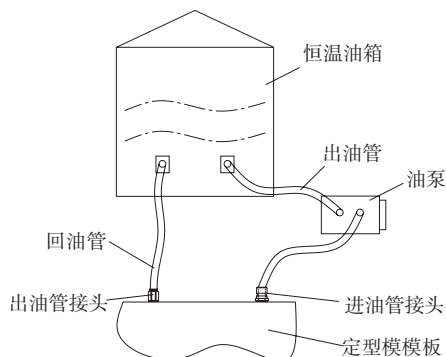


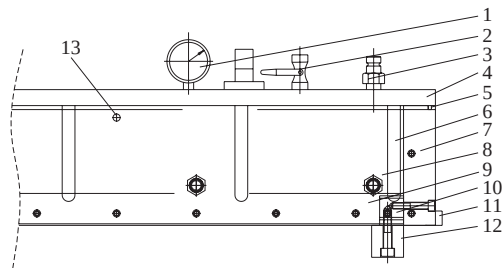
图9 油冷循环示意图

供了油冷却循环往复的动力。冷却油经过总进油管分散至各个纵向油冷孔中,与模板完成热交换的冷却油最终通过回油管路重新回到恒温油箱中,完成油冷循环过程。经过冷却油冷却后的型坯逐步从高弹态进入玻璃态,形状已初步成型。型坯再经过常温水冷后,达到在定型模中的最终冷却定型。

空气预冷、高温油冷、常温水冷共同在定型模中发挥作用,形成了一种新的综合冷却方法。该种冷却方法虽然在设备成本上有一定增加,但是实际生产实践证明它能够很好地减缓型坯冷却速度,稳定型坯逐步冷却状态,降低牵引阻力的同时,保证了制品的最终尺寸和表面质量。

2.4 湿式定型模设计

型坯从定型模出来后,虽然形状已经基本成型,但是并没有完全冷却到室温,如果不继续冷却,其壁厚内部及空腔内残存的热量将使原已冷却的产品表面升高而引起变形,因此必须继续冷却排除余热。设计的水箱基本结构见图10。PC/ABS材料水箱中定型块型腔尺寸设计原则同PVC-U模具一样,只是在定型模型腔基础上进行一定的简化。



1—压力表; 2—排气阀; 3—管接头; 4—上盖板; 5—密封胶条;
6—定型块; 7—水箱端块; 8—水箱侧板; 9—水箱底板; 10—水箱底块;
11—定位柱; 12—底板脚; 13—支撑棒

图10 水箱基本结构图

3 结论

(1) 模头流道形状设计上可以通过优化阻流筋

设计使流道形状达到平缓过渡到效果,有效防止糊料、暗痕现象的产生。

(2) 对于型材腔体较小,腔体内侧真空度较弱的断面型坯,可以通过真空腔与多个真空孔连接,多个孔与吸附槽连接的方式来提高真空强度,使型坯与模具型腔面贴合更加紧密,成型尺寸更加精确。

(3) 采用气、油、水组成的新型综合冷却方法,对于 PC/ABS 材料,可以有效解决型坯在定型模中冷却速度过快带来的牵引困难、成型不规整、表面质量差等问题。

(4) PC/ABS 型材模具设计合理,最终得到的产品尺寸满足要求。

参考文献

- [1] 张建雨,冯刚,张朝阁,等.我国塑料异型材挤出技术研究概况[J]. 工程塑料应用,2014,42(5):125-129.
- Zhang Jianyu, Feng Gang, Zhang Chao, et al. Research outline of plastic profile extrusion technology in China[J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(5):125-129.
- [2] 邓力军.塑料挤出流动数值分析及其模具结构的设计优化分析[J]. 电子制作,2016(16):17-18.
- Deng Lijun. Numerical analysis of plastic extrusion flow and design optimization analysis of die structure[J]. Practical Electronics, 2016(16):17-18.
- [3] 杨安昌.塑料门窗技术[M].北京:化学工业出版社,2003:114-119.
- Yang Anchang. Plastic doors and windows technology[M]. Beijing:Chemical Industry Press, 2003:114-119.
- [4] 杨忠久.挤出模具对塑料异型材质量性能的影响和对策[J]. 门窗,2013(2):41-45.
- Yang Zhongjiu. Influence of extrusion die on quality and performance of plastic profile and countermeasures[J]. Doors & Windows, 2013(2):41-45.
- [5] 杨安昌.塑料异型材制品缺陷及其对策[M].北京:化学工业出版社,2006:73-94.
- Yang Anchang. Defects and countermeasures of plastic profile products[M]. Beijing:Chemical Industry Press, 2006:73-94.
- [6] 荆沂,张继中.塑料型材挤出模的生产与调试[J]. 模具工业,2011,37(5):52-60.
- Jing Xin, Zhang Jizhong. Production and commissioning of extrusion die for plastic profiles[J]. Die & Mould Industry, 2011, 37(5):52-60.
- [7] 张广冬,郝昕玉,袁铁军,等.塑料异型材口模构型要素对挤出形变的影响[J]. 工程塑料应用,2016,44(8):83-87.
- Zhang Guangdong, Hao Xinyu, Yuan Tiejun, et al. Influence of configuration elements of plastic die on extrusion deformation[J]. Engineering Plastics Application, 2016, 44(8):83-87.
- [8] 陈鹏元.塑料异型材挤出渐成型模具优化设计[J]. 塑料科技,2016,44(5):75-77.
- Chen Pengyuan. Optimization design of gradual die for extrusion of plastic profile[J]. Plastics Science and Technology, 2016, 44(5):75-77.
- [9] 王佳丽.四腔穿线盒挤出模具设计[J]. 模具制造,2016(6):62-64.
- Wang Jiali. Design of extrusion die for four cavity threading box[J]. Die & Mould Manufacture, 2016(6):62-64.
- [10] 毛玉,杨宁,万仕成.影响 PVC-U 挤出制品表面亮度的因素分析[J]. 塑料工业,2012(3):81-83.
- Mao Yu, Yang Ning, Wan Shicheng. Analysis of factors affecting surface brightness of PVC-U extruded products[J]. China Plastics Industry, 2012(3):81-83.

赢创开发出 3D 打印用人体植入级别 PEEK 长丝

赢创开发出基于聚醚醚酮(PEEK)的人体植入质量级别的聚合物长丝。作为 3D 打印人体植入物的材料,这种高性能材料可被用于熔丝制造(简称“FFF”)技术中,有望实现用于人体医疗植入物三维塑料部件的增材制造。

这种新的 PEEK 长丝是基于 VESTAKEEP® i4 G,即赢创生产的一种高粘性植入级别材料。该产品具有良好的生物相容性、生物稳定性和 X 射线穿透性,易于加工,并作为一种高性能材料在诸如脊柱植入物、运动医学与颌面外科等医疗技术应用中使用了多年。

赢创将额外提供其为 FFF 技术而开发的 PEEK 长丝中的一种较便宜的试用级别材料。该试用级别材料具有与植

入级别材料完全相同的加工性和力学产品性能,但无需医疗器械应用所需的准许文件。这种天然色彩的长丝,拥有 1.75 mm 的直径,被缠绕在 500 g 的卷轴上,适合直接在用于 PEEK 材料的标准 FFF 3D 打印机上使用。

2019 年第一季度,随着试用级别材料的推出,来自 VESTAKEEP® i4 G 产品的一种植入级别的 PEEK 材料将随之上市。

这种 PEEK 长丝的开发,扩大了赢创现有的用于 3D 打印的聚合物材料的产品线。这家特殊化学品公司还是 PA12 粉末生产商,该产品已在增材制造技术领域成功使用了 20 多年。除 PEEK 长丝和 PA 12 粉末外,该公司的 3D 打印产品组合还包括柔性 PEBA 粉末。(PT 塑料网)