

UHMWPE 微孔滤板压制烧结模具设计^{*}

蒋炳炎 周 勇 楚纯鹏

(中南大学现代复杂装备设计与极端制造教育部重点实验室,长沙 410083)

摘要 介绍一种压制烧结成型超高分子量聚乙烯(UHMWPE)微孔滤板的方法。针对高聚物微孔材料成型难点,重点设计了模内加热系统,给出了模具设计分析及详细计算过程,分析了其合理性,得出了此模具既达到制备 UHMWPE 滤板的要求,又符合微孔开孔成型标准的结论。

关键词 超高分子量聚乙烯 微孔滤板 压制 烧结 模具设计

微孔过滤多用于滤除细菌和细小的悬浮颗粒,现已广泛应用于矿山、冶金、化工、轻工、医药、污水处理等众多领域。过滤介质的选择是微孔过滤技术的核心所在,它直接关系到过滤效果和生产效益。目前微孔过滤介质主要有多孔陶瓷、多孔玻璃、多孔金属等,高聚物材料应用还比较少。超高分子量聚乙烯(UHMWPE)是一种分子量极高的热塑性塑料,具有耐磨损、耐腐蚀、摩擦系数小、吸水率小、密度小、不易粘附等其它塑料所不具备的优良特性,用它来制作滤板取代陶瓷等过滤介质,可很好地解决陶瓷过滤介质可再生性差及耐碱性不强的问题。由于 UHMWPE 分子量高,熔融时为高弹态,几乎无流动性,收缩率高,临界剪切速率极低,加工时易出现熔体破裂,使得 UHMWPE 成为一种加工极为困难的材料^[1-6]。笔者从 UHMWPE 微孔滤板采取压制与模内烧结相结合的成型工艺出发,设计出结构简单、工艺合理的 UHMWPE 微孔滤板成型模具。

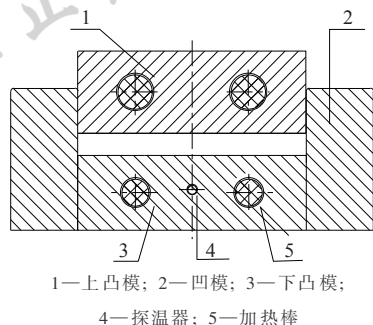
1 高聚物微孔烧结成型分析

本模具属于结构简单、工艺复杂的模具,其关键技术在于如何通过控制温度而达到烧结成通孔的目的,这就要求必须精确控制烧结温度。烧结温度的高低是成孔的关键影响因素,烧结温度的确定主要与材料的熔点有关。当烧结温度高于材料熔点时,材料表面完全熔融,无法成孔;当烧结温度远低于材料熔点时,颗粒表面原子根本不会发生扩散,根本没有发生烧结,也无法成孔。同时,模具型腔内部温度场必须保持均匀,型腔内各点的温度值和升温速率要保持一致,否则可能导致材料烧结不均匀^[7]。本模具的设计正是基于这两点,重点设计了模具加热系统,在烧结温度的精确控制及温度均匀性的设计上简单而独具特色,对同类型烧结模具的设计具有很好的参考价值,同时针对高聚物材料的特殊性,详细计算了模具各部件的工作尺寸参数,以求模具更

加合理。

2 模具结构及烧结工艺流程

滤板所用材料为分子量 200 万的 UHMWPE,其形状为直径 150 mm,厚度 15 mm 的圆盘。从简化模具结构出发,模具设计成组合式,整个型腔由上凸模、凹模、下凸模三个部分组合而成,烧结工艺采用模具内部烧结,在上、下凸模内插入电热棒进行加热,如图 1 所示。



1—上凸模; 2—凹模; 3—下凸模;
4—测温器; 5—加热棒

图 1 UHMWPE 微孔滤板模具结构图

将模具置于液压机上,通过电热棒对模具预热至 60℃,将称好的 UHMWPE 粉末加入加料室中,控制压机下压,直到模具闭合达到过滤板的规定厚度为止。继续对模具加热,使烧结温度达到 130℃(UHMWPE 熔点为 140℃),并在温控仪的调节下保温 1 h 左右,让粉末颗粒充分进行烧结,烧结保温结束以后,对模具进行冷却,将下凸模从凹模中退出,取出 UHMWPE 滤板,其成型工艺流程如图 2 所示。

3 模具设计要点

3.1 模具加热系统的设计

模具加热方式主要有炉内烧结加热、导热油加热、电加热法等。如果采用炉内烧结加热,由于该模

^{*} 教育部科学技术研究重点资助项目(107086)、湖南省自然科学基金项目(07JJ5072)

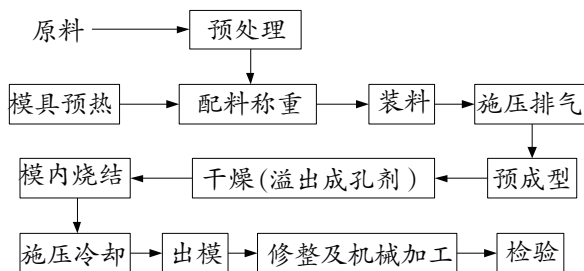
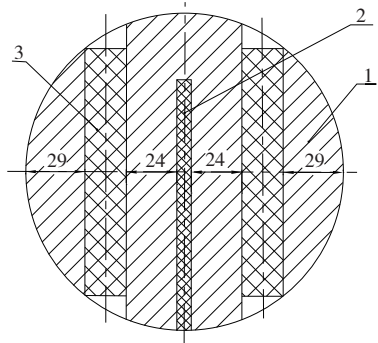


图2 UHMWPE 微孔滤板压制烧结工艺流程图

具体积较大,阻挡了空气在炉内循环,从而影响了模具各面受热的均匀性,从气体流动理论来看,热空气上升,冷空气下沉,致使模具底部加热速度慢,物料烧结速度也相应变慢。另外在操作过程中,模具要进炉和出炉,需要安装和拆卸轨道推送模具,劳动强度大,所以本模具不适合采用炉内烧结加热。如果采用导热油作为载体来传播热量,其热量的交换和传递具有均匀性和易可控制性,导热油在模具流道内可全方位地直接与模具进行热交换和热传递,但是要实现全方位地与模具接触,需要在模具内开设的通道较多,影响了模具强度,增加了模具制造费用,且加热时间长,影响生产效率。而电加热方法是最常用的加热方法,它具有加热速度快、加热温度可控性强等优点,加热速度可比导热油加热快2.5倍以上,与炉内烧结加热相比,可大量节省电能,生产效率也可大幅提高^[8]。综合考虑加热效果、升温速率及加工成本等问题,本模具采用电加热法。

在模具的上、下凸模内以中心轴线为中心对称均匀地安装电热棒,确保加热均匀,上、下各2根加热棒功率要选择同一功率,确保在烧结时滤板上、下两面温度高低一致,如图3所示。4根加热棒连接温度传感器和温控仪构成整个加热系统(如图4所示),控制温度值的大小、升温速率和烧结时保温阶段的温度恒定状态。在设置温度传感器的安放位置时应尽量使其靠近型腔部位,以确保所测量的温度



1—下凸模; 2—温度传感器; 3—加热棒

图3 加热棒安置位置示意图

值为最接近型腔的温度。在模具的上、下模板上都安装了隔热板,以提高加热速度、节省能源。

模具所需加热总功率 $W_{\text{总}}$ 可用(1)式计算^[9]:

$$W_{\text{总}} = \eta \cdot G \quad (1)$$

式中: η ——将单位模具质量加热到压制烧结温度所需要的电功率, W/kg, 40 ~ 100 kg 的模具采用加热棒加热时 η 一般取值为 30 W/kg;

G ——模具的质量, kg。

模具的总质量为 50.8 kg, η 取 30, 代入式(1), 计算得 $W_{\text{总}} = 1524$ W, 可以采用上下各 2 根共 4 根 400 W 的电加热棒对模具进行加热。

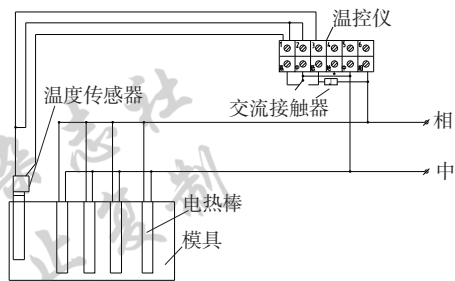


图4 模具加热系统

3.2 凹模直径尺寸的确定

常规的压制烧结制件的平均收缩率小,在精度要求不高的情况下一般可忽略不计。然而, UHMWPE 的分子量高达 200 万, 分子链极长, 使其在加热、冷却过程中极不稳定, 存在较大的收缩率, 其制品的平均收缩率约为 2.3% 以上, 有时高达 5%, 严重影响滤板的尺寸精度, 其凹模型腔工作尺寸可以按(2)式进行计算^[9]:

$$\varnothing = \int \varnothing_{\text{制}} \cdot (1 + k) - X \Delta_0^{\delta} \quad (2)$$

式中: $\varnothing$ ——凹模型腔直径, mm;

$\varnothing_{\text{制}}$ ——制件的直径, mm;

k ——塑料件的平均收缩率;

X ——修正系数, 一般为 1/2 ~ 1/4 (塑料件公差大取大值, 公差小取小值);

Δ ——塑料件公差, mm;

δ ——模具制造公差, 一般为 1/6 ~ 1/4 Δ 。

塑料件公差按 MT6 等级选取, 滤板直径 150 mm, 从模塑件尺寸公差表查得公差为 2.0 mm, 则 $\Delta = 2.0$ mm, X 取 1/4, δ 取 1/4, k 取值 2.3%^[10], 代入(2)式, 计算得: $\varnothing = 153_0^{+0.5}$ (mm)。

3.3 凹模高度尺寸的确定

凹模的高度尺寸设计涉及到加料室的高度、凹模与下凸模之间相互配合部分的高度及引导环的高

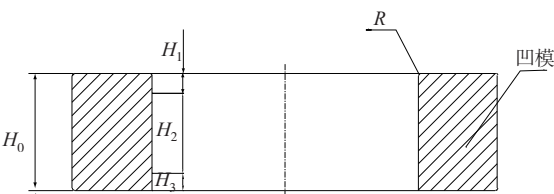


图 5 凹模高度示意图

度。引导环的高度一般为 5 ~ 10 mm , 环口处呈圆角, 如图 5 所示。加料室的高度是根据所用材料的压缩比来确定的, 根据 UHMWPE 的加工特性及前人的研究表明, 其压缩比一般为 2.3 左右, 本实验按压缩比为 3 来计算以保证加大加料量时该模具仍能使实验顺利地进行。最终得到凹模的总高度 H_0 计算公式为:

$$H_0 = H_1 + H_2 + H_3 = 10 + 3 \times 15 + 30 = 85(\text{ mm}) \tag{3}$$

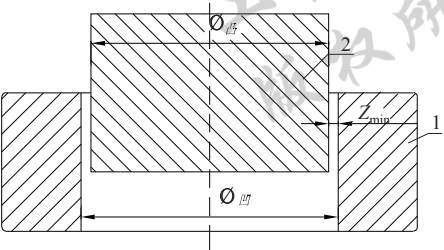
式中: H_1 ——引导环的高度, mm;

H_2 ——加料腔的高度, mm;

H_3 ——下凸模高度, mm。

3.4 上凸模工作尺寸的确定

根据已计算的凹模工作尺寸, 利用 (4) 式计算凸模的工作尺寸^[9], 其示意图见图 6。



1—凹模; 2—上凸模

图 6 凸模工作尺寸示意图

$$D_p = (D_q - 2 \times Z_{\min})^{\delta} \tag{4}$$

式中: D_p ——凸模的直径尺寸, mm;

$Z_{\min}$ ——凸凹模的最小单面间隙, mm;

δ ——凸模的制造公差, 一般为 1/4 ~ 1/5 Δ 。

传统压制烧结法成型模具一般通过凸凹模间隙来排除原料中所含空气, 凸凹模单边间隙按经验一般取值为 0.025 ~ 0.075 mm^[11], 如果按传统压制烧结排气的尺寸进行设计, UHMWPE 微孔滤板模具排气的尺寸将会过小, 而压机下压行程较短, 难以在短

时间内排除 UHMWPE 粒料内带有的大量空气, 当压机下压时, 空气很容易积聚在模具型腔之中, 影响到制件的精度。因此, 凸凹模间隙要适当加大, 以保证良好的排气效果。由于所设计的模具为封闭式, 加料室截面尺寸与型腔尺寸相同, 两者之间不存在挤压面, 故此处取单边间隙为 0.1 mm, 将数据代入 (4) 式, 得: $D_p = 152.8_{-0.5}^0(\text{ mm})$

4 结论

针对高聚物微孔滤板压制烧结成型的难点, 重点设计了 UHMWPE 微孔滤板模具模内加热系统, 并精确计算了模具各部件的工作尺寸参数。实验证明, 该模具可达到 UHMWPE 微孔滤板压制烧结成型要求, 成型工艺参数符合微孔开孔成型标准, 且工艺合理, 结构简单。存在不足之处是成型周期较长, 有待改进。

参考文献

[1] 张高进, 王陵. TT 型特种(陶瓷)过滤机的研究与应用[J]. 黄金, 2002(1): 22 - 26.

[2] 彭富昌, 陈守明, 叶蓬. 超高分子量聚乙烯的性能、加工及应用[J]. 云南化工, 2005, 32(2): 53 - 56.

[3] Kumar V, Weller J E. A model for the unfoamed: Skin on microcellular foams[J]. Polym Eng Sci, 1994, 34: 169 - 173.

[4] Ramesh N S, Rasmussen D H, Campbell G A. Heterogeneous nucleation of microcellular foams assisted by survival of micro-voids in polymers containing low glass transition particles II[J]. Polym Eng Sci, 1994, 34: 1698 - 1706.

[5] 杨军, 杨先泽. UHMWPE 瓷机滤板的研制[J]. 工程塑料应用, 2005, 33(5): 40 - 42.

[6] Webber R S, Alderson K L. Novel variations in the microstructure of the auxetic microporous ultra-high molecular weight polyethylene[J]. Polymer Engineering and Science, 2000, 40(8): 1894 - 1905.

[7] Hecke M, Schomburg W K. Review on micro molding of thermoplastic polymers[J]. J Micromech Microeng, 2004, 14: 1 - 14.

[8] 孔庆华, 刘传绍. 极限配合与测量技术基础[M]. 上海: 同济大学出版社, 2002.

[9] 刘培生. 多孔材料引论[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.

[10] 彭建生. 模具设计与加工速查手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.

[11] 宝鸡有色金属研究所. 粉末冶金多孔材料[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1977.

UHMWPE MICRO FILTER PLATES SUPPRESS SINTERING MOLD DESIGN

Jiang Bingyan, Zhou Yong, Chu Chunpeng

(Key Laboratory of Modern Complex Equipment Design and Extreme Manufacturing, Ministry of Education, Central South University, Changsha 410083, China)

ABSTRACT A method of the suppression of sintering porous polymer filter plates was introduced. Aiming at difficulties for molding of polymer porous materials, the inner sintering system were mainly designed. The analysis of mold design and detailed calculations were given, and its rationality was discussed. The results were obtained that this mold was in line with the requirements of polymer Filter Plates and the standard of opening process.

KEYWORDS UHMWPE, microfilter plate, compression moulding, sintering moulding, mold design

聚合物纳米材料进入高速发展期

美国著名的增长咨询公司弗若斯特沙利文近日发布了全球聚合物纳米复合材料市场报告,认为纳米复合材料是本世纪最有前景的材料。虽然这种材料诞生至今仅仅 20 多年,商业化用途尚处于发展初期,但正在实现经济和技术上的重要突破。

在塑料母料中加入纳米粒子可以优化其物理性能、导电及导热性能。目前主要有三种纳米粒子用于合成聚合物纳米复合材料,分别为:纳米粘土、碳纳米管和碳纳米纤维。

(1) 纳米粘土复合材料

聚合物纳米粘土复合材料是指用聚合物作为基体,粘土作为分散相,利用插层聚合、熔融插层等特殊工艺方法制备的纳米复合材料,所用的粘土主要为天然蒙脱土。纳米粘土一般用于通用树脂改性。

报告称,2006 年全球纳米粘土复合材料的销售额约为 2.3 亿美元,产量为 3.14 万 t。预计 2013 年市场规模将达到 15.3 万 t,年均增长率为 25.3%。这种材料最大的两个应用市场是汽车和包装行业。2006 年纳米粘土复合材料约 35% 用在汽车行业,约 38% 用在包装行业。

在汽车行业,纳米复合材料适用的部件包括仪器仪表板、摇杆套、装饰件、格栅、车盖气窗、仪器控制台、座位上的泡沫材料、轴套、垂直和水平支柱、挡板、引擎盖、风扇罩等。汽车油缸将成为未来纳米粘土复合材料应用的新领域。塑料以其轻质、价格低及设计灵活的特性替代了金属材料用于汽车的油缸。在欧洲,几乎 90% 左右的轻型汽车的油缸都是由塑料制作的;在美国,这个比例约为 77%;在日本这个比例较低,仅为 26%。无论是出于供应商的考虑还是用户的需求,减少燃料泄漏是设计宗旨,而加入这种材料可以增强其阻隔性能并防止燃油泄漏。

包装行业也逐渐使用纳米粘土复合材料,因为它可以提高包装的气体阻隔性能。目前在包装行业使用的纳米粘土复合材料主要以尼龙作为聚合物基体。欧洲每年用于软包装的尼龙约为 15 万 t,估计用于改性的纳米粘土的用量约为 7000 t。此外,欧洲市场每年(乙烯/乙烯醇)(E/VAL)共聚物(一种高阻隔性能包装材料)的消耗量约为 3 万 t,这种材料也有望被纳米粘土复合材料所替代。主要的纳米粘土复合材料生产商有巴斯夫、拜耳及三菱瓦斯化学株式会社。

(2) 碳纳米管复合材料

由于碳纳米管及其它纳米微粒具有良好的导电性、导热性、结构强度和硬度及热稳定性,其商业应用领域更为宽泛,但由于价格昂贵,只能小批量生产。2006 年全球仅生产了

1250 t 碳纳米管复合材料,预计 2013 年的产量将达到 7722 t,年均增长率达 29.7%。

全球约 80% 的碳纳米管复合材料用在静电消散(ESD)材料,而 70% 以上的 ESD 材料用在汽车领域。另外,ESD 材料也可用于电子行业,预计未来电子行业的应用将占有更大的市场份额。这种复合材料是碳纳米管主要的用途,许多碳纳米管复合材料的生产商自己生产碳纳米管。目前美国的海波龙催化剂公司是全球最大的碳纳米管复合材料生产商。

(3) 碳纳米纤维复合材料

碳纳米纤维与碳纳米管在技术上没有大的区别,只是在直径上有所不同。(慧聪网)

车用领域成为聚氨酯应用的新增长点

近日采访中有专家表示,与欧美发达国家相比,中国汽车用聚氨酯的比例不算高。但是,随着中国人民生活水平的不断提高,汽车档次将逐渐提升。届时,能提高汽车燃油经济性、动力性、安全性、舒适性的聚氨酯用量将会快速增加,使用比例也将大大提高。(中石化)

巴斯夫推广建筑节能解决方案

巴斯夫欧洲公司执行董事会成员薄睦乐博士表示:“作为全球领先的建筑化学品供应商,巴斯夫是节能建筑理念的先驱。最近,特别推出一系列帮助达到中国新建筑法规的产品。研究表明,提高建筑的能源效率是保护环境同时又节省成本的最佳途径。”巴斯夫推出了系列现代建筑材料,使低能耗房理念变为现实。通过对上海虹口区一栋 5 层建筑的改造,巴斯夫在中国展示了其低能耗房的理念。实践表明,结合多种技术,如聚氨酯泡沫或双层玻璃窗,可以节约能源并减少排放。改造后的建筑年能耗几乎减半。

巴斯夫的高效保温材料如 Styrodur C、Styropor 和 Elastopor H 材料,可用于外墙和屋顶保温系统及地暖系统。其最近推出的发泡聚苯乙烯家族产品 Neopor 含有红外吸收和反射功能,可进一步降低温度传导性,在不影响保温功能的情况下使嵌板变得更轻更薄。

巴斯夫的外墙保温装饰体系(EIFS)在使用时,就像用一整块“节能毛毯”将建筑包裹起来;该公司还推出了智能温度管理系统解决方案 Micronal PCM,如果在 3 cm 厚的石膏板中加入 30% 的这种产品,吸热能力等于 18 cm 厚的混凝土或 23 cm 厚的砖块;巴斯夫还推出一款彩色颜料 Lumogen,将其加入红外膜后能吸收热辐射,可用于门窗,防止室内升温,并减少 70% 的太阳辐射热效应。其它颜料如黑色 Paliogen 和黑色 Sicopal 及巴斯夫 ULTRA - Cool 涂料,也经常用于屋顶和建筑物正面,以反射大部分近红外线辐射。

(中化报)