

振动强化对金属粉末注射成型中模腔压力的影响

殷小春 瞿金平

(华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程研究中心,广州 510640)

摘要 介绍金属粉末振动辅助注射成型设备的原理、结构及其应用,利用自制的模腔压力传感器对振动力场强化金属粉末注射成型过程中模腔压力的变化历程进行实时采集。试验结果表明,振动力场可以改变熔体在模具内的流动方式;在试验研究的范围内,不同径向位置处的模腔最大压力随振动振幅、频率的增加而减小,从而可以在不影响制品性能的条件下降低注射成型中的压力,以拓宽金属粉末注射成型的适用范围。

关键词 振动力场 模腔压力 金属粉末注射成型

金属粉末注射成型(MIM)是传统粉末冶金技术和塑料注射成型技术相结合而产生的一种高新技术,它是一种源于传统塑料注射成型工艺的新型粉末冶金近净成型技术^[1]。由于这种技术包含脱脂、烧结等工序,因而比塑料注射成型技术更为复杂。但这种成型技术可以高效率地生产几何形状复杂、组织结构均匀、高性能的近净型制品,因而越来越受到广泛的关注,并得到了迅速的发展,被誉为“当今最热门的零部件成型技术”^[2,3]。

金属粉末注射成型主要包括三个步骤^[4]:(1)将固体金属粉末与有机粘结剂均匀混合并制成粒状喂料,在加热状态下熔融,用注射成型机将喂料熔体注入模腔内冷凝成型;(2)用化学溶解或热分解等方法将型坯中的粘结剂脱除;(3)经烧结致密化得到最终产品。

压力是影响金属粉末注射成型工艺的重要参数^[5,6],如果能够降低成型过程中模腔内的压力,相对高压成型来说将会带来一系列的优点^[7]:降低成型过程中的压力梯度,从而减小制品的内应力;降低能耗;减少液压系统的复杂程度;减小成型设备的体积等。关于振动场的引入对塑料成型过程的影响,国内外科研人员做了很多卓有成效的研究工作^[8-12]。研究表明,振动力场的引入可以降低成型过程中聚合物的熔体粘度,提高聚合物的熔体流动性,从而提高制品的性能。中南大学黄伯云^[13]研究了金属粉末注射成型过程中的熔体流变行为,指出表观粘度对剪切速率的响应类似于幂律变化。通过在注射成型过程中引入振动力场可以改变金属粉末/聚合物体系的流变性能,降低熔体粘度,从而可以实现在低的注射压力下完成注射充模过程。笔者利用自行研制的振动辅助注射成型机研究了振动参数对模腔最大压力的影响。

1 试验研究

1.1 振动辅助注射机

如何产生脉动充模压力并将脉动的压力传递到模腔中的金属粉末/聚合物体系是本研究的关键。在注射成型过程中,脉动压力一直作用到浇口封闭时为止。图1是脉动压力注射装置工作原理图。在充模与保压过程中,导柱在恒定速度下带动柱塞杆及液压击振器一起向下运动,当保持注射速率不变时,导柱匀速向下运动;同时柱塞杆作正弦振动,其振动频率与振幅通过控制系统进行调节,这样柱塞杆在向下作匀速运动的同时叠加了一个正弦振动,通过柱塞杆的正弦振动带动模腔中的金属粉末/聚合物体系振动,从而实现了正弦振动充模及保压。

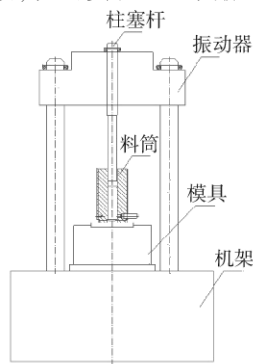


图1 脉动压力注射装置工作原理图

1.2 注射模具及模腔压力测量装置

如图2所示,模具主要由上模板、下模板(含有喷嘴衬套)、模腔三部分组成。考虑到不同尺寸及形状的制品,模腔可以更换。在模腔的壁面沿半径方向的不同位置布置二个压力测量装置,通过自行研制的测量及采集系统可以实时地进行数据采集,如图3所示。图3中,压力传感器1(P_1)的测点

到圆盘中心的距离(r_1)为 15 mm; 压力传感器 2(P_2)的测点到圆盘中心的距离(r_2)为 20 mm。

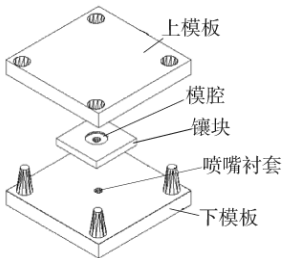


图 2 圆盘模具示意图

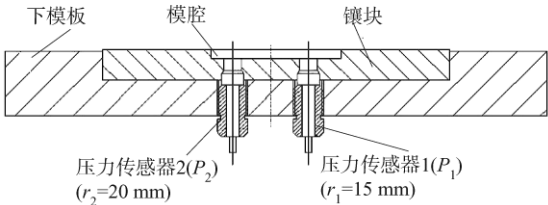


图 3 压力传感器布置图

1.3 试验材料及预处理

本试验所用的金属粉末喂料由中南大学粉末冶金国家重点实验室提供。喂料的主要成分为 316L 不锈钢, 其特性见表 1; 粘结剂为油性组分, 其主要组分为聚丙烯(PP)。不锈钢粉末与粘结剂的质量比为 100 8.4。试验前将所用的不锈钢粉末物料放在热风循环干燥箱中干燥 4 h, 烘箱的温度设为 80℃。

表 1 不锈钢粉末特性

规格	粉末粒径 / μm	表观密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	压实密度 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	形状
316L	8.71	2.5 ~2.8	3.3 ~3.9	球形

1.4 振动试验

在其它工艺条件固定的情况下, 改变振动的频率 f 和振幅 A 来研究振动参数对熔体动态充模过程中模腔压力的影响。其中料筒的温度为 165℃, 模具温度为 45℃, 每次加料量为 50 g。

2 结果与讨论

图 4、图 5 分别为稳态及动态下不锈钢粉末/聚合物熔体充模过程中模腔压力随时间的变化曲线。动态注射成型时, 由于施加了一个平行于柱塞运动方向的轴向振动力场, 模腔内的压力随时间的变化曲线不同于稳态下的压力-时间曲线。

从图 4、图 5 可以看出, 模腔压力随时间的变化趋势是一致的, 由于振动剪切作用产生的剪切耗散热使得模腔内的温度升高, 冷却凝固现象减弱, 浇口封闭时间延长, 最后在浇口封闭时熔体的振动完全停止。体现在模腔压力-时间曲线的振幅逐渐减

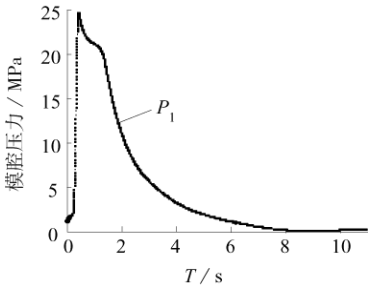


图 4 稳态充模过程中模腔压力随时间的变化曲线

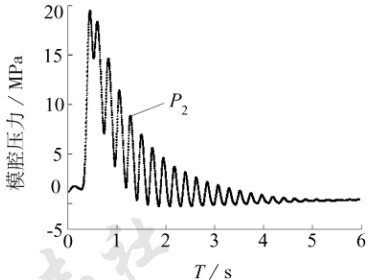


图 5 振动作用下模腔压力随时间的变化曲线($f=5\text{ Hz}$, $A=0.3\text{ mm}$)

小, 最后趋于一条直线。

2.1 振动振幅对模腔最大压力的影响

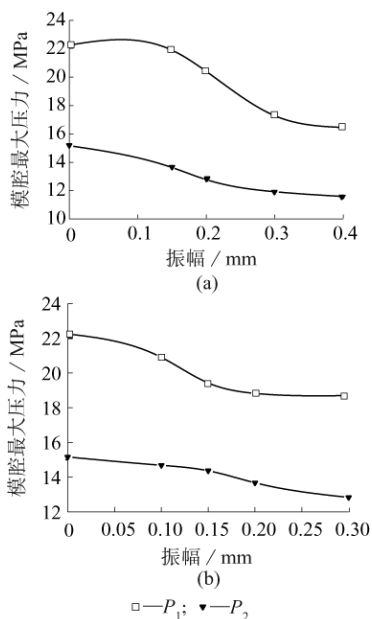
在注射成型过程中, 模腔内的最大压力反映了注射充模时模腔内的最大流动阻力。本试验采用的是恒定注射速率的注射成型, 在顺利完成充模的情况下, 充模过程中模腔内的最大压力在一定程度上反映了熔体的流动阻力。完成充模时模腔最大压力越大, 表明熔体充模流动的阻力越大。反之, 充模过程中模腔内的最大压力越小, 则熔体充模流动的阻力越小, 越有利于注射成型加工。

图 6 为不同振动频率(5、15 Hz)下改变振动振幅得到的不同径向位置处模腔最大压力随振幅的变化曲线。从图 6 可以看出, 在施加了振动力场的情况下, 在试验研究的振幅范围内模腔最大压力都有明显降低, 而且在振动频率固定的情况下, 随着振幅的增加, 模腔最大压力有逐渐减小的趋势。

2.2 振动频率对模腔最大压力的影响

在振动振幅固定的情况下, 改变振动频率, 可以得到模腔最大压力随振动频率变化的关系曲线。图 7 为在不同振幅(0.15、0.25 mm)下改变振动频率时模腔最大压力随振动频率的变化曲线。

从图 7 可以看出, 引入振动力场后模腔最大压力都有明显的降低。在试验研究的范围内保持振幅不变的情况下, 随着频率的增加, 模腔内最大压力有减小的趋势; 在同一频率下, 振幅越大, 模腔内最大压力越小。这是由于在振动力场作用下模腔内的不锈钢粉末/聚合物熔体受到强振动剪切, 使熔体的表



a—振动频率为 5 Hz; b—振动频率为 15 Hz

图 6 不同频率时模腔最大压力随振幅的变化曲线

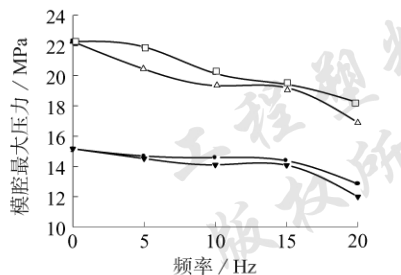
□— P_1 的振幅为0.15 mm; ●— P_2 的振幅为0.15 mm;
△— P_1 的振幅为0.25 mm; ▼— P_2 的振幅为0.25 mm

图 7 不同振幅下模腔最大压力随频率的变化曲线

观粘度减小,流动性变好,表观粘度的降低使熔体充模流动性增加,流动时的阻力变小。

3 结论

(1) 在振动辅助作用下,金属粉末注射成型充模过程的模腔最大压力有大幅度的降低。

(2) 在试验研究的范围内,随着频率、振幅的提

高,模腔内的最大压力有减小的趋势。

(3) 在振动力场的作用下,可以实现金属粉末的低压注射成型,从而拓宽金属粉末注射成型的适用范围。

参考文献

- 1 Loh N H, Tor S B, Khor K A. Production of metal matrix composite part by powder injection molding. *Journal of Materials Processing Technology*, 2001, 108(3): 398
- 2 Rosof B H. The metal injection molding process comes of age. *Journal of Materials*, 1989, 41(8): 13
- 3 李笃信,黄伯云. 金属注射成型技术的现状. *材料科学与工程*, 2002, 20(1): 136
- 4 李益民,黄伯云,曲选辉,等. 金属注射成型进展. *稀有金属材料工程*, 1996, 25(1): 1
- 5 Zhang J G, Edirisinghe M J, Evans J R G. The use of modulated pressure in ceramic injection molding. *Journal of European Ceramic Society*, 1989, 9(5): 63
- 6 J Wei Wencheng, Wu Rongyuan, Ho Sahjai. Effects of pressure parameters on alumina made by powder injection molding. *Journal of European Ceramic Society*, 2000, 20(9): 1301
- 7 Aparecido Acelos Goncalves. Metallic powder injection molding using low pressure. *Journal of Materials Processing Technology*, 2001, 118(2): 193
- 8 Barnes, H A, Townsend P, Walters K. On pulsatile flow of non-newtonian liquids. *Rheological Acta*, 1971(10): 517
- 9 Ibar J P. Melt viscosity of plastics reduction by vibration during filling in injection molding. in: ANTEC '97. Toronto: Society of Plastics Engineers, 1997. 429
- 10 Ibar J P. Control of polymer properties by melt vibration technology: A review. *Polymer Engineering and Science*, 1998, 38(1): 1
- 11 Qu Jinping. Study of pulsating extrusion characteristic of polymer melt through round-sectioned die. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 2002, 41(1): 115
- 12 Qu Jinping, Wu Hongwu. New technology of dynamic vibration field enhancing polymer injection molding. *Plastics*, 2000, 29(6): 9
- 13 Huang Baiyun, Liang Shuquan, Qu Xuanhui. The rheology of metal injection molding. *Journal of Materials Processing Technology*, 2003, 137(1): 132

EFFECTS OF VIBRATION ENHANCING ON THE CAVITY PRESSURE OF METAL POWDER INJECTION MOLDING PROCESS

Yin Xiaochun, Qu Jinping

(National Engineering Research Center of Novel Equipment for Polymer Processing, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

ABSTRACT The principle, structure and application of the vibration-assisted metal powder injection molding(MIM) machine are presented. By using the self-made pressure transducers, the real-time change of cavity pressure is gathered during the vibration enhancing on the MIM. The experimental results show that the vibration field can change the flow pattern of melt in the mold. The maximum cavity pressure of different radial place decreases with the increase of vibration amplitude, frequency. The metal parts can be molded at a low injection pressure without sacrificing the parts' quality. Vibration field can widen the application of MIM.

KEYWORDS vibration field, cavity pressure, metal powder injection molding