

文章编号:1673-9981(2007)03-0203-04

# 注射成型中陶瓷粉体对喂料粘度的影响

施亚齐<sup>1</sup>, 罗 威<sup>2</sup>

(1. 武汉交通职业学院, 湖北 武汉 430062;

2. 模具技术国家重点实验室, 华中科技大学材料科学与工程学院, 湖北 武汉 430074)

**摘 要:** 在陶瓷粉末注射成型中, 用不同比表面积的氧化铝粉分别以 50%, 55%, 60% 和 65% 的装载量制成不同的喂料, 通过测出各喂料的粘度, 讨论了粉末的比表面积、喂料装载量和剪切应力对喂料流动性的影响。喂料的粘度随剪切应力的增大而下降, 随装载量的提高而增大, 随着粉体比表面积的减小而减小。

**关键词:** 陶瓷注射成型; 粘度; 装载量; 比表面积

**中图分类号:** TQ320.66

**文献标识码:** A

陶瓷注射成型(CIM)是一种新型粉末近净成型方法<sup>[1]</sup>, 它具有粉末冶金的高效及注射成型可成型复杂形状的优势。其基本方法是: 先将细小的陶瓷粉末和粘结剂混合练泥后得到 CIM 喂料, 然后将喂料注射成型便得到 CIM 成型坯, 再用物理或化学的方法除去成型坯中的粘结剂, 最后经烧结得到 CIM 成品。

陶瓷注射成型是靠粘性喂料流入模腔充填模具, 喂料除了应具有均匀性和稳定性外, 还需要有特殊的流变学特性, 这对陶瓷注射成型是非常重要的。粘度是衡量喂料流变特性的主要指标之一, 它与多种因素有关<sup>[2]</sup>, 但主要取决于陶瓷粉料的物理化学特性、有机粘结剂种类及混合后的固体含量。本文主要讨论喂料的装载量、陶瓷粉体的比表面积以及剪切应力对注射成型喂料粘度的影响。

## 1 实验

### 1.1 原料

氧化铝粉为河南济源兄弟材料有限责任公司生产的 TX-30 铝粉, 其特性列于表 1。

表 1 氧化铝粉末的成分和基本特性

Table 1 Composition and elementary properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> powder

铝粉成分 w/%				铝粉特性		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	灼烧减量/%	真密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	D <sub>50</sub> /μm
99.7	0.04	0.03	0.10	0.15	3.94	0.52~0.94

### 1.2 粉体的制备

分别制备比表面积不同的三种粉体 a, b, c, 其制备方法是: 将氧化铝粉分别在 1500℃ 和 1450℃ 下煅烧 2 h, 然后加入质量分数 3% 的硬脂酸, 球磨 48 h, 再在 400℃ 下干燥 2 h, 便得到粉 a 和粉 b; 在氧化铝粉中直接加入质量分数 3% 的硬脂酸, 球磨 48 h, 再在 400℃ 下干燥 2 h, 便得到粉 c。三种粉的指标列于表 2。

表 2 三种粉体的中位径和比表面积

Table 2 Median diam and surface area of three powders

粉体	中位径/μm	比表面积/(m <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup> )
a	1.96	1.039
b	1.58	1.171
c	1.25	1.438

收稿日期: 2006-11-17

作者简介: 施亚齐(1976-), 男, 湖北武汉人, 助教, 学士。

### 1.3 喂料的制备

粘结剂由石蜡(PW)、乙烯醋酸乙烯脂共聚物(EVA)和硬脂酸(SA)混合而成,其质量比  $w(PW) : w(EVA) : w(SA) = 78 : 21 : 1$ . 将 a, b, c 三种粉体分别以 50%, 55%, 60% 和 65% 的装载量制成不同的喂料, 在 SJ-30 单螺杆挤出机上混练均匀.

### 1.4 粘度测定

用 XNR-400 型熔体流动速率仪, 在 130°C 下测出各喂料的流量  $Q$  和相应的压降  $\Delta p$ . 取口模长度  $L=8$  mm, 口模直径  $D=2.095$  mm, 则入口校正系数  $\frac{2L/D}{2L/D+6} = 0.56$ . 通过计算出的剪切应力  $\tau_w = 0.56 \frac{\Delta p D}{4L}$  和剪切速率  $r = \frac{32Q}{\pi D^3}$ , 绘制  $\tau_w - r$  对数曲线, 曲线的斜率即为流变因子  $n$ , 从而计算出剪应变速率  $r_w = \frac{3n+1}{4n} \cdot r$  和有效粘度  $\eta = \frac{\tau_w}{r_w}$ .

## 2 结果与讨论

### 2.1 装载量对粘度的影响

喂料粘度是注射成型喂料流变学性能的基本指标, 它表征了喂料的流动性. 粘度值越小, 其流动性越好. 陶瓷注射成型喂料是一种假塑性流体<sup>[3]</sup>, 其粘度随着剪切速率和温度的升高而下降.

为了便于比较, 在同一温度(130°C)下, 测量了不同装载量的各喂料在不同切应力下的粘度. 图 1 和图 2 分别为粉 a 和粉 c 在不同切应力下, 装载量

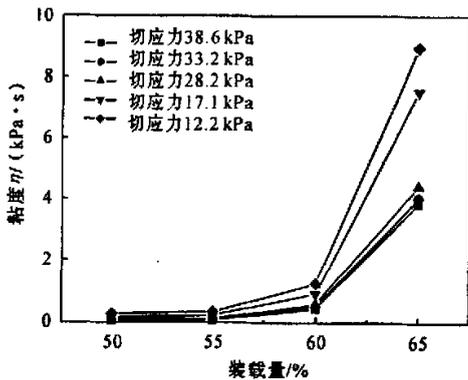


图 1 不同切应力下粉 a 的装载量与粘度的关系

Fig. 1 Relation of loadage and viscosity on powder a in different shear force

与粘度的关系. 从图 1 和图 2 可以看出, 同一装载量的喂料, 切应力增大, 粘度下降; 在同一切应力下, 装载量升高, 粘度增大<sup>[4]</sup>; 切应力越低, 喂料粘度随装载量变化的幅度越大. 粉 a 在装载量小于 60% 时, 切应力的变化对粘度的影响较小; 装载量超过 60% 后, 切应力的变化对粘度的影响较大. 粉 c 在切应力为 38.6 kPa, 装载量为 60% 时, 其粘度为 910.92 Pa·s, 流动比较困难.

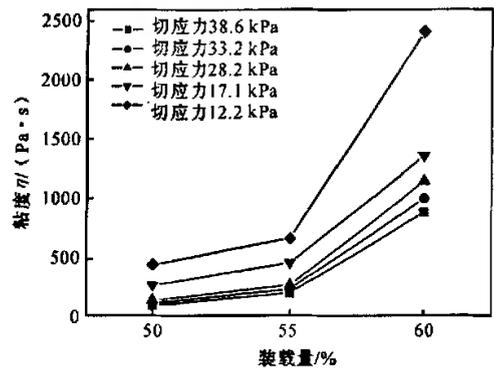


图 2 不同切应力下粉 c 的装载量与粘度的关系

Fig. 2 Relation of loadage and viscosity on powder c in different shear force

### 2.2 粉体比表面积对粘度的影响

在剪切应力一定时, 喂料的粘度与粉体比表面积的关系见图 3. 在剪切应力为 28.2 kPa, 装载量小于 60%, 粉体的比表面积为 1.04~1.18 m<sup>2</sup>/g 时, 粘度随粉体比表面积的变化不明显; 比表面积大于 1.18 m<sup>2</sup>/g 时, 粘度随粉体比表面积变化的幅度增

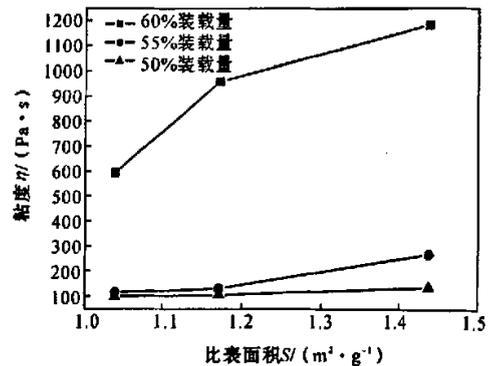


图 3 粉体的比表面积与粘度的关系

Fig. 3 Relationship between surface area of powder and viscosity of feedstock

大.当装载量达到60%时,粉体比表面对粘度的影响较大.当粉体的装载量为60%,比表面积为 $1.171\text{m}^2/\text{g}$ 时,粘度达到 $958.62\text{Pa}\cdot\text{s}$ ,喂料流动较困难.装载量相同时,喂料的粘度随粉体比表面积的减小而降低.这是由于粉体的比表面积减小,包裹粉体所需的粘结剂用量也减少,在粘结剂用量相同的条件下,粉体之间更容易流动,即喂料的粘度降低.

在氧化铝注射成型的过程中,可以根据注射条件所需要的喂料流动性,确定相应的装载量和粉体的比表面积,也可以根据注射条件和粉体条件来选择合适的装载量.

### 2.3 剪切应力、装载量和比表面对喂料粘度的影响

本实验测定了各种喂料在不同剪切应力和装载量下的流动特性(图4和图5).

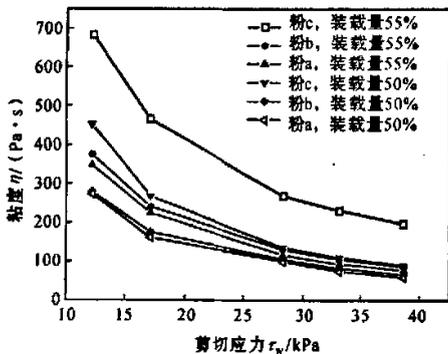


图4 装载量为50%和55%时喂料粘度的对比

Fig.4 Comparison of viscosity of different powder at 50% and 55% of loadage

由图4可见,在同一剪切应力下,虽然粉a和粉b的装载量(55%)比粉c的装载量(50%)高,但其粘度却比粉c低,这是由于粉a和粉b的比表面积均比粉c的小.由此可见,在同一剪切应力下,喂料的粘度受粉体比表面积和装载量的共同影响.

在装载量低于60%时,喂料是很好的假塑性流体,喂料的粘度随剪切应力的增大成指数关系下降,符合幂律流体的规律,如图4所示.当装载量达到60%(图5)时,粘度也随剪切应力的增大而减小,但指数关系不如图4符合得好.当粉a和粉b的装

量达到65%时,随剪切应力的减小,喂料的粘度急剧增大.当剪切应力为 $12.2\text{kPa}$ 、粉a和粉b的装载量为65%时,粘度达到 $8.97\text{kPa}\cdot\text{s}$ ,此时喂料已无法流动.

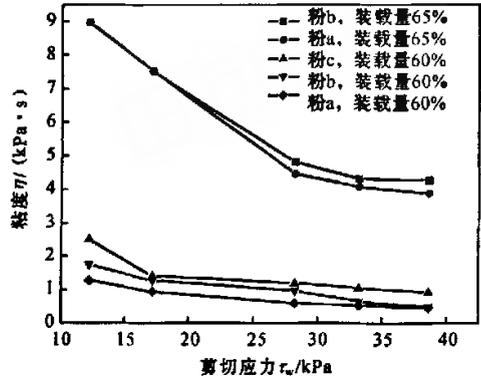


图5 装载量为60%和65%时喂料粘度的对比

Fig.5 Comparison of viscosity of different powder at 60% and 65% of loadage

### 3 结论

(1)在氧化铝注射成型过程中,比表面积一定的粉体,喂料的粘度随装载量的提高而增大.粉料的装载量达到65%时,喂料几乎不能流动.

(2)对同一喂料,剪切应力增大,粘度下降;在同一切应力下,装载量升高,粘度增大;随切应力的降低,装载量对喂料粘度的影响增大.

(3)在装载量一定时,喂料的粘度随着粉体比表面积的减小而减小.

#### 参考文献:

[1] GERMAN R M. Powder Injection Molding[M]. Princeton(New Jersey); MPIF, 1990.  
 [2] 谢志鹏,黄勇,杨金龙. 陶瓷粉体对注射成型流变特性的影响[J]. 陶瓷学报, 1997, 18(2);86-90.  
 [3] 梁叔全,黄白云. 粉末注射成型流变学[M]. 长沙:中南大学出版社,2000.  
 [4] 李益民,曲选辉,李志林,等. 粉末装载量对 W-Ni-Fe MIM 合金喂料粘度及力学性能的影响[J]. 稀有金属, 1999,23(1);21-24.

## Effect of ceramic powder on feedstock viscosity in injection molding

SHI Ya-qi<sup>1</sup>, LUO Wei<sup>2</sup>

(1. *Wuhan Technical College of Communications, Wuhan 430062, China*; 2. *State key Lab of Die & Mould Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China*)

**Abstract:** The viscosity of feedstock is influenced by various factors in ceramic injection molding. In this paper different feedstocks by different loading capacity of 50%, 55% and 60% are made from a variety of specific surface area of alumina powders. By measurement of viscosity of feedstock, much attentions are paid to the effects of specific surface area of powder, loading capacity and shearing stress on the fluidity of feedstock. The viscosity will decrease with the increase of shearing stress, increase with the enlargement of loading capacity, and decrease with the reduce of specific surface area.

**Key words:** ceramic injection molding; viscosity; loadage; specific surface area