



聚乙烯泡沫对EPS消失模铸造表面粗糙度的影响

米国发¹, 刘翔宇¹, 赵恒涛¹, 贾宝仟²

(1. 河南理工大学材料科学与工程学院, 河南焦作 454000;

2. 哈尔滨工业大学材料科学与工程学院, 黑龙江哈尔滨 150001)

摘要: 研究了泡沫聚苯乙烯粒径、泡沫颗粒的粒度级配、成型发泡模具对EPS模表面粗糙度的影响。结果表明: 同一发泡工艺参数下, 预发泡后的泡沫聚苯乙烯粒径越小, EPS模表面粗糙度越低。泡沫颗粒的粒度级配可显著降低EPS模表面粗糙度。对30目与40目的珠粒进行级配, 在体积比约为1:1时, EPS模表面粗糙度最低。随着成型发泡模具表面粗糙度的降低, EPS模和铸件的表面粗糙度均降低。

关键词: 消失模铸造; EPS模; 表面粗糙度

中图分类号: TG146.4 文献标识码: A 文章编号: 1001-4977(2007)10-1100-03

Effect of Styrofoam Particles on the Surface Roughness of Lost Foam Casting with EPS Pattern

MI Guo-fa¹, LIU Xiang-yu¹, ZHAO Heng-tao¹, JIA Bao-qian²

(1. School of Materials Science and Engineering, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, He'nan, China; 2. School of Materials Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, He'nan, China)

Abstract: The effects of the grain size and grain gradation of styrofoam particles as well as the expendable polystyrene (EPS) forming tools on the surface roughness of EPS patterns were studied in the paper. The results show that with the decrease of pre-expanded polystyrene grain size, the surface roughness of EPS patterns decrease under the same processing parameters. The grain size gradation of styrofoam particles could reduce the surface roughness of EPS patterns evidently. The EPS pattern possesses the lowest surface roughness when the volume ratio of the polystyrene particles (with grain size of 30 grades and 40 grades) was 1:1. With the decrease of surface roughness of forming tools, the surface roughness of EPS pattern and casting are decreased.

Key words: lost foam casting; EPS pattern; surface roughness

目前消失模铸造在机器制造业中得到了广泛应用,特别是在汽车制造业中的应用取得了显著的经济效益,并以其简单的工艺、优良的铸件质量和显著的经济效益被许多专家誉为“21世纪的铸造技术”^[1-3]。消失模铸造作为一种精确成形的先进铸造技术,模样制造是该技术获得精确铸件的前提条件之一^[4]。从总体上看,我国消失模铸造技术还处于初级发展阶段,与美国的水平有10~15年的差距,要达到世界先进水平,还要做艰苦的努力^[5]。

消失模铸造工艺中EPS热解过程、热解产物的组成、EPS珠粒预发泡、模具设计及铸件的成型方法等是研究的热点^[6-10]。而铸件的表面粗糙度低是精密铸造的另一个重要特点,它决定着铸件的尺寸精度。影响铸件表面粗糙度的因素很多,如浇注温度、合金成分、造型材料和造型工艺以及模样的表面粗糙度等,其中,

低的模样表面粗糙度是获得低表面粗糙度铸件的根本保证。本文在稳定工艺参数的前提下,探求可发性聚苯乙烯粒度及其级配对EPS模表面粗糙度的影响;研究成型发泡模具、EPS模、铸件之间表面粗糙度的相互关系,对于EPS模陶瓷壳型精密铸造工艺的推广应用具有很重要的价值。

1 试验方法

用北京燕山石化公司生产的铸造用可发性聚苯乙烯珠粒为原料。在95~100℃的水中进行预发泡,加入少量的洗衣粉作为分散剂,预发泡后的珠粒在室温下进行干燥、熟化,熟化时间为18 h。然后,将干燥熟化后的泡沫聚苯乙烯颗粒用铸造用实验筛JB/T9156—1999分级。只取塞在网孔上的珠粒,该泡沫颗粒的大小就用网孔的目数来定义。采用30目和40

目的预发泡后珠粒进行粒度级配对EPS模表面粗糙度影响的研究。

制造EPS模试样的模具结构如图1。EPS模表面粗糙度的测试面为与光洁板接触面, 光洁板采用光滑的玻璃。成型发泡是在绝对大气压为0.147~0.152 MPa (1.45~1.5 atm) 的水蒸汽介质中进行, 成型发泡时间为3 min。在一定的取样范围内用T56表面粗糙仪测定表面粗糙度 R_a 的平均值, 测量标准执行GB3505-83。

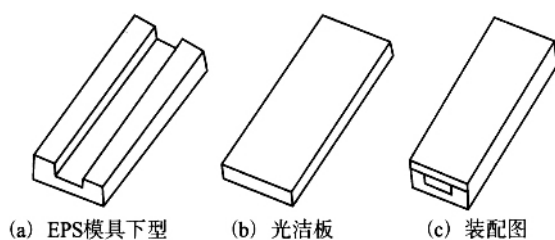


图1 模具结构

Fig. 1 The structure of mold

制作几块3 mm厚的表面粗糙度不同的光洁铝板, 按图1所示的结构组合成模具, 按上述的发泡工艺进行试验, 用TS6表面粗糙度仪测试EPS模试样及相应光洁板的表面粗糙度。然后将制备的EPS模试样粘上浇口, 制作陶瓷壳型, 直接在炉温为900 的焙烧炉中失模, 并同时完成焙烧, 焙烧30 min后取出。浇注时, 型壳温度预热至300 , 浇注合金为ZL102, 浇注前熔液经过精练、变质处理, 在720 时重力浇注。然后用TS6表面粗糙度仪测量铸件试样表面粗糙度。

2 试验结果与分析

2.1 可发性聚苯乙烯粒度级配对EPS模表面粗糙度影响

选取熟化好的30目、40目以及30~40目之间 (任意配比) 的泡沫颗粒, 其堆密度为0.120 g/cm³, 按上述试验方法测得的泡沫颗粒粒度级配对EPS模表面粗糙度的影响如图2所示。

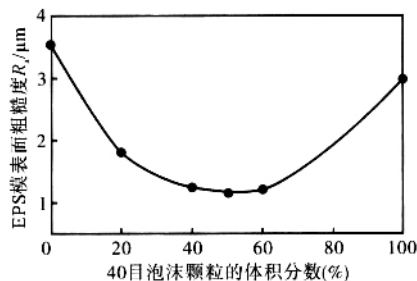


图2 粒度级配对EPS模表面粗糙度的影响曲线 (30目为基)

Fig. 2 The influence of grain gradation on surface roughness of EPS mold (30 grade)

试验结果表明, 粒度对EPS模表面粗糙度影响很大, 40目的EPS模比30目的EPS模粗糙度值 R_a 小0.56 μm 。预发泡后, 对30目与40目的珠粒进行级配, 其体积比约为1:1时, EPS模表面粗糙度最低。其原因分析如下。

(1) 一般来说, 可发性聚苯乙烯粒径越小, 预发泡后, 珠粒内泡孔大小分布越均匀; 同样成型发泡时, 由于粒径小的颗粒受热更均匀, 且水蒸汽渗入较均匀, 控制合理的成型发泡工艺参数, 就能够使预发泡后的“储备发泡能力”更加充分地发挥出来, 而不会出现珠粒表面长时间“较高温”受热而破孔, 内部尚未充分发挥效能的现象。

(2) 不考虑器壁效应, 由数学计算可知, 不同粒径的颗粒, 按同一种方式排列, 所得空隙率是相同的 (空隙率是指单位体积内, 颗粒之间的间隙所占的体积分数)。下面考虑当泡沫颗粒按图3排列时的空隙率。

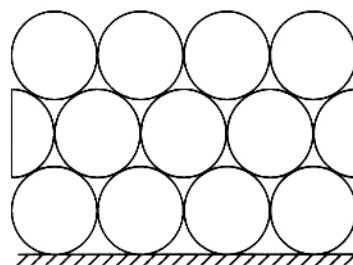


图3 珠粒在模具中的排列

Fig. 3 Arrange of the polystyrene particles in the mold

设泡沫聚苯乙烯珠粒粒径为 D , 在三维方向上珠粒个数分别为 k 、 m 、 n , 则成型发泡前泡沫珠粒所占的体积为 $k m n \pi D^3 / 6$, 模具型腔体积为 $k m n D^3$, 故珠粒所占的体积率为: $\frac{k m n \pi D^3}{6} / (k m n D^3) = \pi / 6$, 空隙率为 $5/6$

按上述排列时, 与单位模具表面接触的泡沫珠粒个数为: $k m n / (k m n \pi D^2 / 4) = 4 / \pi D^2$ 。

可见, 粒径越小, 与模具表面接触的珠粒个数越多, 这样, 当预发泡后聚苯乙烯堆密度相同时, 珠粒越小, 在相同成型发泡工艺参数下, 成型所需要时间越短, 珠粒与模具相切点为泡沫颗粒最易破孔的点, 其损伤率减轻, 同时EPS模表面颗粒之间的沟槽更细小。泡沫颗粒在成型模具中是随机分布的, 根据“原子硬球堆积模型”可知, 其平均配位数为常数, 也就是说, 其空隙率接近常数。

由上述分析和实验结果可知, 在可发性聚苯乙烯预发泡堆密度相同的前提下, 一般来说, 其泡沫颗粒越小, EPS模表面粗糙度越低。由图3可以看出, 粒度级配对EPS模表面粗糙度的影响更大, 合适的粒度级配, 可以获得较低表面粗糙度的EPS模, 从而降低铸件表面粗糙度。根据拓扑几何学, 两种粒径不同的颗粒, 经过适当的级配, 可以使配位数最高, 空隙率最小。

30目与40目的预发泡后的珠粒进行粒度级配, 使其空隙率减小, 实际上等于提高了堆密度。由图2可以看出, 粒度级配对EPS模表面粗糙度 R_a 的影响呈抛物线变化。在大约50%左右, 获得最小的 R_a 值。

随着泡沫颗粒粒径比值的不同, 其级配后的最低

R_a 值可能有所不同,但是,粒度级配有利于提高颗粒分布的配位数。颗粒分布的配位数越大, EPS模的表面粗糙度越低。对于多个粒径颗粒的适当级配,也有利于降低EPS模表面粗糙度,有利于提高铸件表面质量。

2.2 成型发泡模具、EPS模与铸件表面粗糙度的关系
由测试结果得出发泡成型模具、EPS模及铸件之间的表面粗糙度的相互关系如图4、5所示。

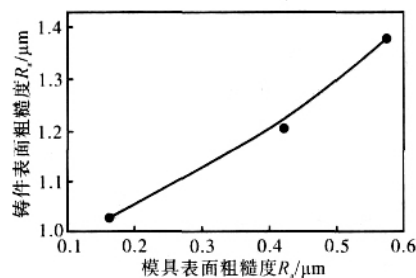


图4 模具 R_a 值与铸件 R_a 值的关系曲线

Fig. 4 The relationship between R_a values of mold and casting

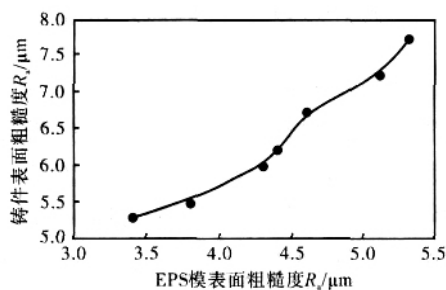


图5 EPS模 R_a 值与铸件 R_a 值的关系曲线

Fig. 5 The relationship between R_a values of EPS and casting

由图4、图5可见,铸件的表面粗糙度随模具表面粗糙度的降低而下降,铸件的表面粗糙度 R_a 值随EPS模表面粗糙度的降低而下降。因此,铸件及EPS模的表面粗糙度均随着模具表面粗糙度减小而减小。

上述实验结果分析如下:聚苯乙烯具有粘弹性,遵循时-温等效原理(材料在一定应力作用下,在较低温度、较长时间下与较高温度较短时间条件下,其变形量可以相同)。在成型发泡时,水蒸汽温度大约在115 左右,随着时间的延长,聚苯乙烯在“发泡剂”膨胀力的作用下进行流变,受模具的约束,靠近模具

内表面的聚苯乙烯珠粒沿模具表面延伸,借膨胀力的作用及流变性能很好地复制了模具表面。而EPS模与陶瓷壳型内表面能很好地复制EPS模表面状况。

3 结论

(1) 同一发泡工艺参数下,预发泡后的泡沫聚苯乙烯粒径越小, EPS模表面粗糙度越低。

(2) 泡沫颗粒的粒度级配可显著降低EPS模表面粗糙度。预发泡后,对30目与40目的珠粒进行级配,结果表明,其体积比约为1:1时, EPS模表面粗糙度最低。

(3) 随着成型发泡模具表面粗糙度的降低, EPS模表面粗糙度和铸件表面粗糙度均降低。

参考文献:

- [1] 赖华清, 徐翔. 消失模铸造及其在汽车铸件生产上的应用 [J]. 材料与工艺, 2003 (4): 51-53.
- [2] 董振, 陈三元, 付通顺, 等. 提高消失模铸造磨球质量的工艺研究 [J]. 现代铸铁, 2002, 22 (4): 60-61.
- [3] KIYOUNG K, KYONGWHOAN L. Effect of process parameters on porosity in aluminum lost foam process [J]. J. Mater. Sci. Technol., 2005, 21 (5): 681-684.
- [4] 杨明波, 代兵, 赵玮霖, 等. 工艺因素对消失模铸造用可发性聚苯乙烯 (EPS) 模样密度的影响 [J]. 铸造, 2005, 54 (1): 90-92.
- [5] 黄乃瑜, 叶升平, 樊自田. 消失模铸造原理及质量控制 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2004: 10-21.
- [6] 杨家宽, 黄乃瑜, 李焰. 负压消失模工艺中EPS热解产物的研究 [J]. 特种铸造及有色合金, 2000, 20 (4): 22-24.
- [7] 杜其新, 朱以松, 章舟. 消失模浇注发气反喷铸件气孔防止措施 [J]. 铸造技术, 2003, 24 (2): 154-155.
- [8] 王新节. 铸造用EPS珠粒预发泡处理工艺 [J]. 铸造工程, 2002 (4): 28-29.
- [9] 王秀彦, 蔡胜利. 压缩机底座EPS发泡模设计 [J]. 模具工业, 2000 (11): 35-36.
- [10] 吴剑涛, 冯涤, 李俊涛, 等. 复杂精密铸件快速成型工艺研究 [J]. 新技术新工艺, 2006 (2): 19-21.

(编辑: 张允华, zyh@foundryworld.com)

(上接第1099页)

- [3] 王荣滨. Cr12型模具钢的锻造及其缺陷分析与对策 [J]. 锻压技术, 1997 (3): 12-15.
- [4] SHEN L R, WANG K, TIE J, et al. Modification of high-chromium cast iron alloy by N and Ti ion implantation [J]. Surface & Coatings Technology, 2005, 196: 349-352.
- [5] SCHAFER L. Influence of delta ferrite and dendritic carbides on the

impact and tensile properties of a martensitic chromium steel [J]. Journal of Nuclear Materials, 1998, 258-263: 1336-1339.

- [6] TURNBULL D. Microscopic observation of the solidification of small metal droplets [J]. J. Appl. Phys., 1950, 21: 1022-1028.
- [7] HOYLE G. High speed steels [M]. London: Butter Worths, 1988: 31.

(编辑: 刘冬梅, ldm@foundryworld.com)