

热压桦木木粉块剖面密度分布的研究

严自力^{1,2}, 刘杰¹, 张建春^{1,2}, 马天², 高建民³, 周中磊², 孟令萱³

(1. 北京化工大学材料科学与工程学院, 北京 100029; 2. 中国人民解放军总后勤部军需装备研究所, 北京 100082;

3. 北京林业大学材料科学与技术学院, 北京 100083)

摘要: 为制备高性能的 SiC 陶瓷, 以桦木木粉为原料, 采用无胶热压成型工艺制备木粉块。研究木粉含水率、热压温度、合模方式及木粉块密度对剖面密度分布的影响, 探讨剖面密度分布的形成机理, 获得制备剖面密度均一分布木粉块的优化工艺条件。

关键词: 桦木; 木粉; 热压成型; 剖面密度分布

中图分类号: TS6 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2011)02-0011-03

Vertical Density Profile of Hot-pressed Birch Powder Blocks

YAN Zi-li^{1,2}, LIU Jie¹, ZHANG Jian-chun^{1,2}, MA Tian²,

GAO Jian-min³, ZHOU Zhong-lei², MENG Ling-xuan³

(1. College of Materials Science&Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China;

2. The Quartermaster Research Institute of the General Logistics Department of the PLA, Beijing 100082, China;

3. College of Materials Science&Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to develop high performed SiC ceramic products, birch wood powder was hot-pressed into blocks, without any added binders, before they were processed into wood ceramics under high temperature. The authors studied how the vertical density profile of the blocks was influenced by the wood powder moisture content and by the block's pressing temperature, molding style, and density, and identified the optimized parameters for making blocks with a flat vertical density profile.

Key words: birch; wood powder; hot-pressing; vertical density profile(VDP)

SiC 木质陶瓷是在惰性气体保护下, 将木材碳化

为纯碳多孔材料(碳坯), 然后在高温(1 450~1 700 °C)和真空条件下, 采用反应烧结工艺, 对其进行液相渗硅, 得到以碳化硅和硅为主要成分的陶瓷^[1-2], 可应用于陶瓷、微晶玻璃、工业窑炉、汽车、冶金、电力、航天等领域。

制备高性能 SiC 陶瓷, 要求坯体的微观结构均一可控, 而木材是天然多孔材料, 密度偏低且不均匀, 微观结构变异性大。如果直接采用木材制备陶瓷, 易使

硅含量过高, 无法获得高性能的 SiC 陶瓷。

有研究者曾尝试用纤维板制备 SiC 木质陶瓷^[3], 但市售的纤维板密度偏低, 且剖面密度 (Vertical Density Profile, VDP) 呈马鞍型分布, 不适合做为 SiC 陶瓷的坯体。为了得到高性能 SiC 木质陶瓷, 本研究采用无胶热压工艺制备均一密度的桦木木粉块, 探讨热压温度、木粉含水率与合模方式等因素对木粉块 VDP 的影响, 为制备均一 VDP 的木粉块提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

桦木 (*Betula platyphylla*) 木粉, 400 目, 含水率

收稿日期: 2010-03-08; 修改日期: 2010-11-20

基金项目: 国家自然科学基金项目 (50972018)。

作者简介: 严自力 (1973—), 男, 北京化工大学博士研究生。

通讯作者: 刘杰, 男, 北京化工大学教授, 博士生导师。

6%~10%，其平均粒径 35 μm ，石家庄怡悦纤维材料有限公司生产。

1.2 试验设备

SETH-Z-022R 调温调湿箱；YXD-50 型平板硫化机；DAX/DA-1 型剖面密度分布测试仪。

1.3 试验方法

试验采用无胶热压工艺，制备规格为 100 mm×80 mm×10 mm 的木粉块。试验设计采用单因子变量法，变量因子与水平见表 1。

表 1 变量因子与水平设计
Tab. 1 Factors and levels for experimental design

变量因子	水平
木粉含水率/%	6,10,20
热压温度/℃	145,165,185
合模方式	一步法,两步法,三步法
设计密度/(g·cm ⁻³)	0.7,0.8,0.9,1.0,1.1

1) 按照 GB/T 1931-1991《木材含水率测定方法》，测试桦木木粉的绝对含水率，并调节其含水率。

2) 将一定质量的桦木木粉加入金属模具，再将模具放入平板硫化机，合模至 15 mm，预热 5 min。

3) 在设定的热压温度下，按照图 1 所示的三种合模方式，分别合模至 10 mm，合模速度 0.1 mm/s，最大合模压力 5 MPa。为避免制品在厚度方向上反弹，在热压完成后，待其充分冷却再出模。

4) 采用剖面密度分布测试仪，测试木粉块的 VDP，样品规格为 50 mm×50 mm×10 mm。

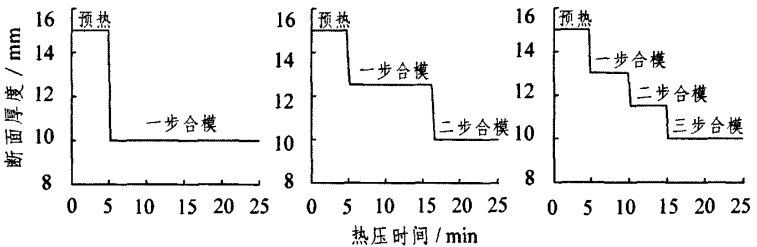


图 1 木粉块的 3 种合模方式及热压曲线
Fig. 1 Three different pressing schedules

2 结果与分析

2.1 工艺参数对试样 VDP 的影响
含水率和热压温度两个因素

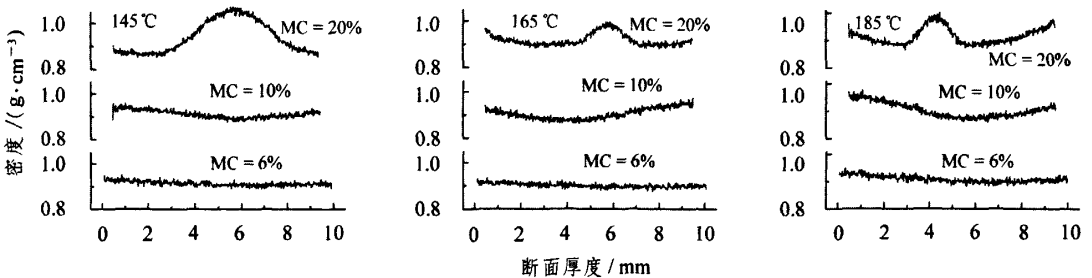


图 2 木粉含水率和热压温度对木粉块 VDP 的影响
Fig. 2 Influence of moisture content and pressing temperature on VDP of the blocks

相互作用，无法单独分析各因素对 VDP 的影响。图 2 为采用三步合模法时，木粉块厚度方向上，两个因素对其剖面密度 VDP 的影响。

由图 2 可以看出，在同一热压温度下，随着木粉含水率的升高，木粉块断面厚度方向的表芯层密度差异逐渐增大。3 种热压温度下，当木粉含水率为 6% 时，木粉块的 VDP 曲线平坦，热压温度对其影响不明显；含水率为 10% 时，随着热压温度的升高，表现为芯层密度略低于表层密度；含水率为 20% 时，芯层密度显著高于表层；随温度增加，VDP 曲线中部的峰变窄，且峰两侧的曲线亦有上升。表明木粉含水率对 VDP 具有决定性作用，而热压温度的升高，使试样 VDP 的非均一性变得更为明显。

木粉块的 VDP 反映的是试块断面厚度方向上，木粉被压实的程度。木材塑性来自其中的木质素，塑性高低影响木粉被压实的难易程度。木质素的塑性与含水率密切相关，从桦木中提取的高碘酸盐木质素，在绝干状态下的软化点为 179 $^{\circ}\text{C}$ ；当含水率为 12.2% 时，软化点降至 128 $^{\circ}\text{C}$ [5]。

在木粉块的热压成型过程中，热量以热传导的方式由表层传至芯层，因此，表层木粉更易致密化；同时，表层水分亦容易蒸发，使得表层木粉含水率低于

芯层,故芯层的塑性高于表层,更易致密化。由此可知,温度和含水率对表层、芯层木粉致密化的作用相反,木粉块的 VDP 曲线是热压温度和木粉含水率共同作用的结果。综合考虑,为获得具有均一 VDP 的木粉块,宜采用 6% 的木粉含水率和 145~165 ℃ 的热压温度。

2.2 合模方式对试样 VDP 的影响

图 3 为热压温度 165 ℃、木粉含水率 6% 时,3 种合模方式下的木粉块 VDP 曲线。

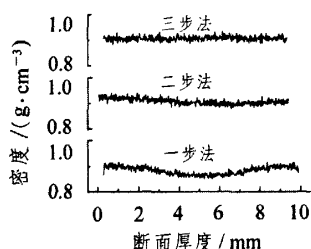


图 3 热压合模方式对木粉块 VDP 的影响

Fig. 3 Influence of pressing schedule on the VDP of the blocks

图 3 显示,采用一步法合模方式时,木粉块的 VDP 曲线中部有较明显的凹陷;采用两步与三步合模方式时,其 VDP 曲线均较平坦。可见,分步合模可提高木粉块 VDP 的均一性。

木粉在热压过程中,既有弹性形变,又有塑性形变,塑性形变需要一定的时间,慢速合模有助于获得相对均一的 VDP 曲线^[6-7],为此,本研究采取了 0.1 mm/s 的合模速度,远低于一般模压合模速度(1~20 mm/s);而且,分步合模使木粉在成型过程中有更充分的时间完成塑性形变,进而提高了木粉块的 VDP 均一性。

2.3 木粉块密度对试样 VDP 的影响

采用三步合模方式,在含水率 6%、热压温度 165 ℃ 下,木粉块密度对其 VDP 的影响见图 4。

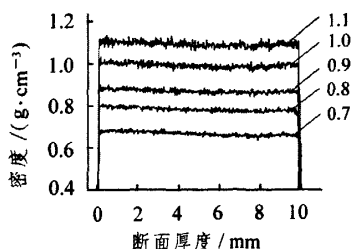


图 4 木粉块密度对其 VDP 的影响

Fig. 4 Effect of overall density on the block VDP

从图 4 可见,在本试验条件下,木粉块密度对其 VDP 曲线无明显影响。在热压成型过程中,木粉块密度对热传导和水蒸汽的迁移均有影响。木粉块密度增大,有利于热传导,因而减小木粉块内部的温差,利于得到均一的 VDP 曲线;另一方面,木粉块成型所需热量亦增加,而且影响水蒸汽的迁移,不利于获得均一 VDP 曲线。在含水率 6% 条件下,可以忽略木粉块内部含水率差异,因此,木粉块密度对其 VDP 曲线的形成,没有明显影响。

3 结论

1) 在本试验范围内,随着木粉含水率的增大和热压温度升高,木粉块 VDP 的不均一性逐渐增大。

2) 合模方式明显影响桦木木粉块的 VDP,采用两步和三步合模方式,易得到均一 VDP 的木粉块。

3) 木粉块密度对其 VDP 均一性影响不大。较优参数为:含水率 6%、热压温度 165 ℃,采用三步合模,获得木粉块的密度为 0.7~1.1 g/cm³, VDP 均一。

4) 建议进一步研究热压条件对木粉块强度的影响,这对于提高木粉块强度,进而改善陶瓷的强度性能有指导意义。

参考文献:

- [1] Singh M, Salem J A. Mechanical properties and microstructure of biomorphic silicon carbide ceramics fabricated from wood precursors[J]. Journal of the European Ceramic Society, 2002, 22(14~15): 2709-2717.
- [2] Mallick D, Chakrabarti O P, Maiti H S, et al. Si/SiC ceramics from wood of Indian dicotyledonous mango tree[J]. Ceramics International, 2007, 33 (7): 1217-1222.
- [3] Bautista M A, Arellano-López de A R, Martínez-Fernández J, et al. Optimization of the fabrication process for medium-density fiberboard (MDF)-based biomimetic SiC [J]. International Journal of Refractory Metals and Hard Materials, 2009, 27(2): 431-437.
- [4] 王贵涛. 剖面密度测定与人造板质量控制[J]. 木材工业, 2005, 19 (1): 37-39.
- [5] 成俊卿. 木材学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1985: 241-243.
- [6] Andrews C K, Winistorfer P M, Bennett R M. The influence of furnish moisture content and press closure rate on the formation of the vertical density profile in oriented strandboard[J]. Forest Products Journal, 2001, 51(5): 32-39.
- [7] Wang S Q, Winistorfer P M, Moschler W W, et al. Hot pressing of oriented strandboard by step-closure [J]. Forest Products Journal, 2000, 50(3): 28-34.

(责任编辑 张一萍、姜征)