

УДК 629.78

Аналитический обзор механических и теплофизических характеристик материалов для строительства лунной инфраструктуры

Хоменко Виктория Владимировна^(*)

vvh14082005@gmail.com

Худорожко Михаил Викторович

khudorozko.mixa@gmail.com

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Работа посвящена сравнению характеристик материалов, изготавливаемых на основе имитаторов лунного реголита и предлагаемых для строительства космических сооружений. Анализируются характеристик материалов, получаемых путем спекания по следующим технологиям: лучистый нагрев, микроволновое спекание, спекание в термовакуумной печи. Показано, что основным влиянием на прочностные характеристики оказывает температура спекания. Чем она ближе к температуре фазового перехода, тем выше характеристики материала. Теплопроводность спеченного материала определяется его пористостью и находится на уровне $0,6 - 1,6 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Ключевые слова: прочность на сжатие, имитатор лунного грунта, космическое строительство, микроволновое спекание реголита, лучистый нагрев

Введение. Создание лунной инфраструктуры является одним из ключевых шагов для освоения дальнего космоса. На сегодняшний день для строительства космических сооружений наиболее экономически эффективным считается использование материалов на основе лунного реголита. Перспективным представляется применение технологий, основанных на спекании частиц реголита расплавом SiO_2 .

Материалы и методы; результаты. Ввиду ограниченной доступности лунного реголита в [1]-[4] использовались такие имитаторы, как JSC-1A (Johnson Space Center), BH-1 (Beihang), HUST-1 (Huazhong University of Science and Technology), CLRS-1 (Chinese Lunar Regolith Simulant), SC-080 (SimulTek Research Company Ltd.). В работах [1]-[4] были исследованы прочностные и теплофизические характеристики образцов из спеченного реголита, созданными по трем технологиям: лучистый нагрев, микроволновое спекание и спекание в термовакуумной печи. Наибольшую прочность на сжатие в 309 МПа была достигнута при микроволновом спекании имитатора CLRS-1 [4], однако при использовании той же технологии для SC-080 [4] это значение оказалось в 2 раза меньше. Чем ближе температура нагрева к температуре образования жидкой фазы, которая составляет около 1150°C , тем более высоким пределом прочности на сжатие обладает материал. При этом зависимость имеет нелинейный характер и существенно возрастает при приближении к указанной температуре. Теплопроводность определяется в основном пористостью исходного материала и диапазон ее значений составляет от $0,6$ до $1,6 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, что близко к значениям для SiO_2 .

Заключение. Установлено, что температура спекания оказывает ключевое влияние на итоговые характеристики материала. Среди представленных технологий наибольшую прочность на сжатие была достигнута методом микроволнового спекания, поскольку он обеспечивает более равномерный нагрев по всему объему материала. При использовании лучистого нагрева создается градиент характеристик по толщине образца, что вызывает снижение прочности на сжатие до 200 МПа.

Список источников

- [1] Indyka S.J., Benaroyab H. A structural assessment of unrefined sintered lunar regolith simulant. *Acta astronautica*, 2017, vol.140, pp. 517–536. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2017.09.018>
- [2] Jianga Y., Lia F., Zhoua S., Liub L. *Investigating the Microscopic, Mechanical, and Thermal Properties of Vacuum-Sintered Bh-1 Lunar Regolith Simulant for Lunar In-Situ Construction*. SSRN. URL: <https://ssrn.com/abstract=4970599> (дата обращения 15.11.2024).
- [3] Han W., Zhou Y., Cai L., Zhou C., Ding L. Physical, mechanical and thermal properties of vacuum sintered HUST-1 lunar regolith simulant. *Int. J. of Mining Science and Technology*, 2024, vol. 34, pp. 1243–1257. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2024.06.004>
- [4] Liu Z., Li J., Yang X., Ding Y., Meng S. Sintering of lunar regolith simulants using a domestic microwave: A rapid and energy-efficient strategy for construction material fabrication. *Journal of the European Ceramic Society*, 2024, vol. 45. <https://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2024.117047>