

钛铁矿含量对微波烧结月球风化层模拟物的产物性能影响分析

周传娇^{1,2} 唐红^{1,3,4*} 李雄耀^{1,3,5}

1 中国科学院地球化学研究所月球与行星科学研究中心 贵阳 550081; 2 中国科学院大学 北京 100049;

3 中国科学院比较行星学卓越研究中心 合肥 230026; 4 中国科学院太空制造技术重点实验室 北京 100094;

5 中国科学院太空制造技术重点实验室 北京 100094

开发利用月球资源、建立月球基地是新时期国际月球探测的主要目标,也是开拓深空探测的重要基石。月球基地的建设需要大量的结构材料,就地利用月球资源,通过高温烧结月球风化层制备结构材料是经济可行的方案。微波烧结技术由于其效率高、反应速度快、加热均匀以及微波能在月球上容易获得等优点,适合作为月球基地建设中的烧结技术。微波是一种频率介于 300MHz~300GHz 的电磁波,在微波烧结技术中使用的频率主要为 2.45GHz,其原理是利用微波具有的特殊波段与材料的基本细微结构耦合而产生热量,材料在电磁场中的介质损耗使其整体加热至烧结温度而实现致密化[1]。已有的地面模拟实验研究了微波辐射对月球模拟物和 Apollo 真实月壤样品的影响,研究表明微波烧结可以有效的使月球风化层模拟物或 Apollo 真实月壤样品固结,其烧结产物也具有一定的力学强度。然而这些模拟实验还不够深入和系统,对微波烧结过程中的影响因素还没有很好的研究。钛铁矿作为月球风化层的重要组成部分,具有良好的吸波特性,在微波烧结过程中起着重要的作用,直接影响微波烧结产物的性能[2]。

为了研究钛铁矿含量对微波烧结月球风化层模拟物产物性能的影响,本研究将 CLRS-1 模拟月壤[3]与钛铁矿分别混合至不同比例,共配置配制 5 组钛铁矿含量分别为 4.60%、26.57%、41.21%、55.85%和 77.82%的混合样品,并分别在 1050°C、1150°C和 1300°C的烧结温度下开展了微波烧结实验。通过分析对比这些烧结产物的微观结构、物相、热物性和力学性能,结果表明钛铁矿含量和烧结温度对微波烧结产物的性能有重要的影响。钛铁矿含量为 4.60%的样品在 1300°C的微波烧结产物的性能最优,产物主要由玻璃组成,结构致密、可见的气孔和裂缝非常少。此外,该产物具有较优的隔热性能,热导率仅为 0.15W/mK,同时具有最优的抗压强度,在 Y 轴和 Z 轴的抗压强度分别为 79MPa 和 69MPa。因此本研究表明,利用微波烧结技术直接高温烧结钛铁矿含量低的月球风化层来制备月球基地结构材料是可行的。特别是在钛铁矿含量较低的月球南极地区,不需要开展钛铁矿的富集技术,直接烧结月球风化层就可以获得性能优良的结构材料。

中国科学院太空制造技术重点实验室开放基金(CAS-SMT-201901)、中国科学院青年创新促进会(2018435)资助

参考文献

- [1] 刘继胜,微波烧结工作原理及工业应用研究,机电产品开发与创新,2007,20(2),20-23.
- [2] Razavi, M., et al., Syntheses of Te-TiC nanocomposite from ilmenite concentrate via microwave heating, Bulletin of Materials Science, 2009, 32(2), 155-160.
- [3] Zheng, Y., et al., CAS-1 lunar soil simulant, Advances in Space Research, 2009, 43(3), 448-454.