

Effects of mechanically alloyed Ti-B aids on the sinterability of TiB₂

陣場優貴1)、近藤創介2)、余浩2)、奥野泰希3)、笠田竜太2)

Yuki Jimba 1), Sosuke Kondo 2), Yo Hao 2), Yasuki Okuno 3), Ryuta Kasada2)

1) 東北大工(院生)、2) 東北大学金研、3) 京大

1) Tohoku Univ., 2) IMR, Tohoku Univ., 3) Kyoto Univ.

【背景】 先進概念である球状トカマク炉では、炉中心部の空間が狭く、高温超電導マグネットの保護材として薄型で耐熱性を有し中性子線を遮蔽できる材料が求められている。二ホウ化チタン(TiB₂)をはじめとするホウ化物は、 ≥ 3000 °Cの高融点や、純鉄に匹敵する高熱伝導率、優れた中性子線遮蔽性能を有することから、その候補材料として期待されている[1]。一方で、高融点ホウ化物は焼結性が悪く、緻密な焼結には ≥ 1800 °Cの高温や ≥ 30 MPaの高圧が必要となる。焼結性の改善法として、低融点合金の添加の有効性が知られているが、異種元素の導入による耐照射性等の劣化が問題となる。そこで、本研究では、TiB₂の焼結性に及ぼすTi-B共晶合金助剤の影響を明らかにすることで、異種元素を使用しない新たな低温焼結法の可能性を提示した。

【方法】 焼結助剤は、TiおよびBの元素粉末を共晶組成(Ti-1.93 wt%B)で混合、遊星型ボールミルで機械的合金化(MA)して作製した。MAは、Cr鋼製の容器とボールを使用し、ボール粉末重量比は10:1、潤滑助剤のステアリン酸を1 wt%添加して、Ar雰囲気、300 rpmで24 h行った。なお、運転は試

料の温度上昇を避けるため30分おきに15分停止した。また、MAの影響を評価する目的で同組成の非MA助剤も準備した。焼結は、TiB₂に対して助剤を20wt%添加し、放電プラズマ焼結で1300 °C、50 MPa、15 min保持の条件で実施した。焼結体密度は純水を用いたアルキメデス法で測定した。また、示差走査熱量分析法(DSC)で助剤の融点を測定し、助剤をMAすることによる影響を評価した。

【結果】 密度測定の結果、図1に示すように、MA助剤は助剤なしの場合よりも~10%高い密度を示した。一方で、非MA助剤による高密度化は~4%であった。図2に示す、各助剤のDSC曲線の比較からは、MA助剤で吸熱反応が~60 °C低温から生じ始めていたことが分かった。この吸熱ピークは融解反応であることから、MAが助剤の融解挙動に影響し、焼結性を改善した可能性が考えられる。特筆すべきはMA助剤の吸熱反応がTi-B系の共晶温度1540 °Cよりも低温で生じたことである。発表では、焼結助剤の結晶子サイズと吸熱開始温度の相関を基に融点降下メカニズムについても議論する。

[1]

C.G. Windsor, J.O. Astbury, J.J. Davidson, C.J.R. McFadzean, J.G. Morgan, C.L. Wilson, S.A. Humphry-Baker, Nuclear Fusion 61 (2021) 086018.

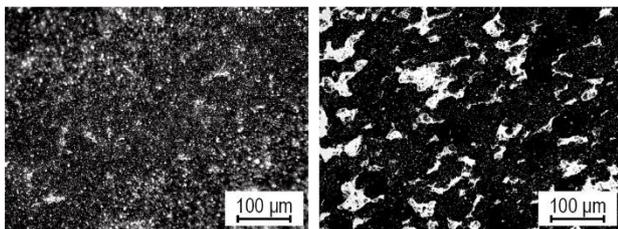
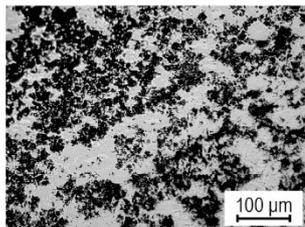
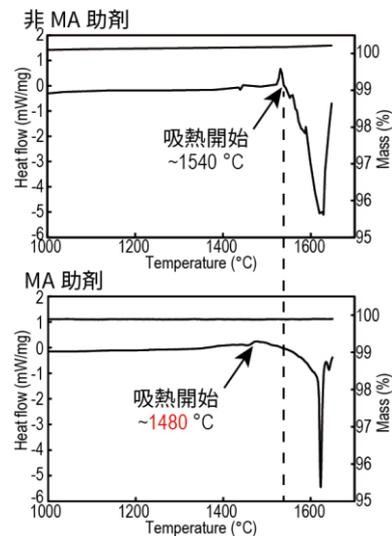
助剤なし $\rho = 3.67 \text{ g/cm}^3$ ($\rho_{\text{rel}} = -81\%$) 非 MA 助剤 $\rho = 3.82 \text{ g/cm}^3$ ($\rho_{\text{rel}} = -85\%$)* 相対密度 ρ_{rel} は
TiB₂の理論密度比
(4.54 g/cm^3).MA 助剤 $\rho = 4.20 \text{ g/cm}^3$ ($\rho_{\text{rel}} = -93\%$)図1 助剤別のTiB₂焼結体の微細組織と密度

図2 各助剤のDSC曲線