核融合炉用タングステン合金及び複合材料の開発
（5）タングステン積層複合材料の開発

Development of Tungsten Alloys and Composites for Fusion Reactor
(5) Development of Tungsten Laminated Composites

*野上 修平[1], 間 偉文[1], 能登 裕之[2], 長坂 琢也[2], Jens Reiser[3], 長谷川 晃[1]
[1]東北大学, [2]核融合科学研究所, [3]カールスルーエ工科大学

低温での延性と高い再結晶温度を有するカリウム（K）ドープタングステン（W）を用いたW積層複合材料（Wラミネート）の開発概要について報告する。

キーワード：核融合炉，ダイバータ，タングステン，カリウムドープ，積層複合材料

1. 緒言

核融合炉のダイバータは、高い融点、熱伝導率、スパッタリング耐性などの観点から、タングステン（W）の適用が検討されている。ITERなどのダイバータには、純Wの厚板（熱間圧延で製作した厚さ数mm以上の板など）の使用が有力であるが、純W厚板は延性脆性遷移温度（DBTT）が例えば700℃と高く、使用温度域下限側での脆性による損傷形成が懸念される。その解決手段として、強加工により低温でも延性を示す純Wフォイルを接合により積層し、複合材料化することで、DBTTを低減した純Wフォイルラミネートが提案された。一方、純Wフォイルは、純W厚板より低い温度から回復・再結晶が開始し900℃程度で脆化するため、純Wフォイルラミネートの使用上限温度は純W厚板より低くする必要があった。

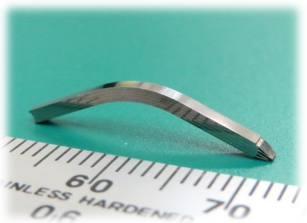
本研究では、カリウム（K）ドープによりDBTTを低減し、再結晶を抑制した、Kドープ Wを用いたラミネート（Kドープ Wラミネート）を開発した。本報告では、同ラミネートの機械特性について報告する。

2. 実験方法

基材は、粉末焼結と圧延で製作した厚さ0.2 mmのKドープ Wフォイル（以下KWF）と、厚さ7 mmのKドープ Wプレート（以下KWP）を機械加工により厚さ0.2 mmにした2種類を使用した。このKWFおよびKWPと、中間材を交互に積層し（W層 × 5層 + 中間材 × 4層）、一軸加圧、高温保持により接合し、ラミネートを製作した。中間材は厚さ0.050 mmまたは0.025mmの純バナジウム（V）および純銅（Cu）とした。接合条件は、圧力が20 MPa、保持時間が1時間、接合温度が800℃から1250℃であった。これらラミネートの製作まま材および高温熱処理材について、室温における変形挙動および延性、強度、破損挙動を調べるため、試験片の長手方向を圧延方向として棒状試験片を製作し、室温大気中において4点曲げ試験を行った。

3. 結果・考察

KWFラミネートの4点曲げ試験の結果、900℃で接合したKWF-Cuラミネートと1250℃で接合したKWF-Vラミネートはき裂を伴わずに塑性変形し、十分な延性を示した（右写真参照）。900℃で接合したKWF-Vラミネートは塑性変形をほとんど示さず、試験片表面からき裂が発生し、接合界面でき裂が偏向することによる擬延性を示した。既往研究における純Wフォイルラミネートは900℃の熱処理により脆性破壊したのに対し、本研究で開発したラミネートは1250℃での接合後においても室温での塑性変形を伴う延性を示したことから、純Wフォイルラミネートに対する優位性が示されたと考えられる。



*Shuhei Nogami[1], Takefumi Hazama[1], Hiroyuki Noto[2], Takuya Nagasaka[2], Jens Reiser[3] and Akira Hasegawa[1]
[1]Tohoku University, [2]National Institute for Fusion Science, [3]Karlsruhe Institute of Technology