SiC 被覆管を用いた燃料製造のための接合技術開発

Joining Technology Development for Fuel Fabrication using SiC Cladding

*石橋 良[1]，高森 良幸[1]，張 旭東[1]，池側 智彦[1]，宮崎 克雅[1]，近藤 貴夫[2]
[1]日立製作所，[2]日立ＧＥニュークリア･エナジー

過酷事故時における水素爆発の防止を目的に､炉心部からの水素発生抑制が期待できるSiC被覆管を検討している。燃料棒の端栓接合を想定し、接合材にSiを用いた局所加熱ロウ付け接合を評価した結果を報告する。

キーワード：事故耐性燃料、炭化珪素、燃料被覆管、端栓接合、ロウ付け

1. 緒言

過酷事故時に発生する水素によって引き起こされる水素爆発を防止する対策が、原子力発電プラントの安全性を向上させるための重要な課題である。水蒸気酸化反応熱と水素発生速度が低い SiC 被覆管は事故耐性燃料として期待される[1]。しかしながら、SiC 被覆管を適用するには依然として多くの課題が残っており、その一つが端栓接合である[2]。端栓接合では、局所加熱プロセスにより閉じ込め性の高い接合部を作製する必要があることから、ロウ付け接合が有望と考えられる。接合材には、SiC との熱膨張係数差が小さく、融点が 1687 K と高い Si を対象として、局所加熱ロウ付け接合への適用性の確認を目的に、接合試験と接合部の評価を実施した。

2. 検討方法

試験片には､SiC 焼結材､又は､表面に化学真空蒸着で SiC 膜を付与した液相焼結 SiC/SiC 複合材を用い、接合材の Si を溶射により接合予定部に付与した。接合試験では、まず板材の接合を、次に端栓接合部を想定した円管と丸棒の接合を検討した。約 3.0×2.0(mm)の接合部を設けて 20×10×2.0 (mm)の板材 2 個を局所加熱接合し、それを試験片として接合部のせん断強度を評価した。室温では大気中、高温では Ar ガス中で、SiC 製支持治具に装填した試験片に対して接合面に平行に速度 8.3 μm/s で荷重を負荷した。次に、端栓接合部を想定し、端部に接合材を付与した外径 10 mm 厚さ 1 mm の管及び径 10 mm の丸棒を試験片として、局所加熱法による接合を試行した。局所加熱法として、ファイバレーザ発振器(最大出力 2 kW、波長 1070 nm)を用いたレーザ加熱法、又は、グラファイトヒータを用いたヒータ加熱法を検討した。

3. 結果と考察

レーザ加熱法による試験片接合部は、せん断強度の大きな分布を示しており、接合欠陥が確認された試験片を除外して評価した。SiC 焼結材では、室温から最高試験温度の 1473 K まで 57 MPa 以上を、SiC/SiC 複合材では 1073 K でせん断強度 126 MPa を示した。接合欠陥は、試験片接合部破面において未溶解部として観察された。接合材厚さを小さくするなど接合部への入熱が十分に安定して確保できる接合条件や接合方法により、接合欠陥を低減できると考えられる。円管と丸棒の接合では、レーザ加熱法及びヒータ加熱法いずれによっても、密閉性のある接合部を作製することができた。レーザ加熱法では、SiC 母材を破損しないためにデフォーカスビームが有効であった。これらのことから、今後も接合条件の適正化が必要であるものの、接合材に Si を用いて局所加熱ロウ付け接合に適用できる可能性があると考える。

参考文献

[1]石橋良, 池側智彦, 野下健司, 木藤和明, 鴨志田守, 日本原子力学会 2014 年春の年会予稿集, pp.649, (2014).

[2] Y. Katou, K. A. Terrani and L. L. Snead, ORNL/TM-2014/210, (2014).

*Ryo Ishibashi[1], Yoshiyuki Takamori[1], Xudong.Zhang[1], Katsumasa Miyazaki[1], and Takao Kondo[2]

[1]Hitachi, Ltd., [2]Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd.