

材料部会セッション

事故耐性燃料被覆管及び制御棒開発の現状と今後の展望

Status and Perspective of the Accident Tolerant Fuel Cladding and Control Rod Development

(2) SiC/SiC 被覆管の開発

(2) Development of the SiC/SiC fuel cladding

*檜木 達也¹¹京都大学

1. 緒言

SiCの優れた耐酸化特性から、SiC/SiC複合材料は軽水炉における事故耐性燃料として米国を中心に世界で研究開発が進められている。中性子照射環境下では、結晶性の高いSiCが優れた寸法や強度の安定性を示すことが明らかになっている。SiC/SiC複合材料は、作製方法により結晶粒サイズや不純物が異なり、通常時の耐高温水特性や事故時の耐高温水蒸気特性は、これらの材料特性に大きく依存する。液相焼結(LPS)材においては、アルミナやイットリア等の残存不純物が腐食を促進することが明らかになっている。また、SiC/SiC複合材料においては繊維/マトリックスにC界面相が存在する場合は、高温酸化雰囲気で大きく強度特性は劣化してしまう。照射効果を含む通常時の高温水から事故時の高温水蒸気環境に耐えるためのSiC/SiC被覆管開発の現状と今後の展望について述べる。

2. 研究開発方針

耐照射特性の観点からSiC繊維は高結晶性のHi-Nicalon type-S又はTyranno SAのみが対象となる。マトリックスは化学蒸気浸透(CVI)法で形成される高純度SiCか、LPS法で形成される焼結助剤等の不純物を含むSiCが対象となる。LPS法で形成されるSiCに関しては、耐高温水、耐高温水蒸気のための不純物制御が必須である。C等の繊維/マトリックス界面相は、事故時の高温水蒸気と反応してしまうため、界面相を用いない材料開発を進めるか、表面に界面相を露出しないようにSiCを形成するか、表面被覆技術の開発が必要となる。照射環境下での耐高温水特性や燃料との共存性に関して、明らかにする必要がある。

3. 現状と今後の展望

マトリックスの参照材となるCVD SiCは1400°Cの高温水蒸気に対して表面に数 μm 程度の酸化膜が形成されるのに対して、LPS SiCは焼結助剤量に応じて10 μm 程度から数10 μm 程度の焼結助剤成分と入り混じった酸化層が形成される。しかしながらジルコニウム合金は同条件で破損するため、高温水蒸気に対してSiCは大きな優位性があると言える。SiCの高温水腐食は溶存酸素に大きく依存し、20ppbの条件では、腐食量は非常に限られているが、8ppmの条件では材料の不純物に大きく依存することが明らかになった。LPS SiCでは、粒界をイットリウム・アルミニウム・ガーネット(YAG)で形成することにより、CVD SiCに近い耐食性を示した。SiC複合材料に関しては、YAGで粒界を制御するとともに、繊維/マトリックス界面相の無い粒子分散マトリックス複合材料の開発を行い、耐高温水、耐高温水蒸気特性に優れたSiC複合材料を開発した。SiCは照射に対して非常に安定であるにも関わらず、イオン照射による照射欠陥が高温水腐食特性に大きく影響を及ぼすことが明らかになった。照射による表面電位変化の影響が示唆され、詳しいメカニズムの理解とそれに基づく表面改質、表面被覆の開発が今後の大きな課題である。

*Tatsuya Hinoki¹¹Kyoto Univ.