

## 不純物窒素を吸収した低放射化バナジウム合金の引張特性に及ぼすチタン濃度の効果

Effect of titanium concentration on tensile properties of low-activation vanadium alloys absorbing impurity nitrogen

\*齋藤千貴<sup>1</sup>, 小林真<sup>1,2</sup>, 申晶潔<sup>2</sup>, 山崎樂<sup>1</sup>, 長坂琢也<sup>1,2</sup>, チザールバレンチン<sup>3</sup>, 室賀健夫<sup>1,2</sup>  
<sup>1</sup>総研大, <sup>2</sup>核融合研, <sup>3</sup>ベルギー原子力エネ研

低放射化バナジウム合金は液体リチウム増殖ブランケット構造材料の候補である。合金元素チタンは窒素などの不純物と反応して合金母相から析出し（スカベンジング）、固溶硬化とそれに伴う脆化を抑制する。しかしながら、放射化の観点からはチタン添加量を最小限にする必要がある。そこで本研究では、チタンによる不純物窒素のスカベンジング効果を定量的に評価し、添加量を最小限化するため、窒素の拡散及びチタンとの析出挙動と引張特性の相関について明らかにした。

**キーワード：**核融合炉構造材料、バナジウム合金、スカベンジング効果、機械特性

低放射化バナジウム合金は核融合炉における液体リチウム増殖ブランケット構造材料の候補である。合金元素チタンは液体リチウムから侵入してくる不純物窒素と反応し析出することで母相格子から窒素を取り除き、不純物による固溶硬化及び脆化を抑制する。一方で、チタンは核融合炉環境下で長半減期の放射性核種を生成するため、添加量を最小限にする必要がある。本研究では、チタン添加量を最小限化するため、不純物窒素の拡散を窒素ガス曝露実験で模擬し、窒素の拡散及びチタンとの析出挙動について、機械特性のひとつの指標である引張特性との相関を明らかにすることを目的とする。

クロム濃度 4mass%、チタン濃度 0~4 mass%の低放射化バナジウム合金と純バナジウムとを試料とした。試験片の厚さは 250 μm、硬さ試験片のみ 1mm であった。表面の電解研磨を行った後に、窒素ガス曝露実験を 650°C、25 時間、0.066 atm で行った。その後、引張試験及びナノインデンテーション試験にて機械特性の評価を行った。また、透過型電子顕微鏡観察等による微細構造分析を行った。

図 1 に窒素ガス曝露前後の引張試験の結果を示す。窒素ガス曝露実験により延性が大きく低下したが、チタン濃度 3 mass%以上の合金では降伏挙動及び塑性伸びが見られた。また、チタン濃度 1mass%以下の合金では降伏強度が窒素ガス曝露により大きく増加し弾性域で破断した。全ての試料で延性・脆性混成破面が観察され、チタン濃度の増加に伴い脆性破面の割合が減少していた。一方、試料断面ナノインデンテーション試験の結果から、チタン濃度の増加に伴い窒素侵入固溶による硬化領域が小さくなっており、チタン濃度 1mass%以下の合金では表面から 100 μm、3mass%合金では 60 μm、4mass%合金では 40 μm であった。以上の結果から、低チタン濃度合金では窒素ガス侵入により試料表面が硬化して脆性領域が増加することで延性が低下したと理解できる。しかし、3mass%以上のチタン添加により表面の硬化及びそれに伴う脆化を抑制でき、比較的大きな延性を保つことができた。講演では微細組織との相関についても報告する。

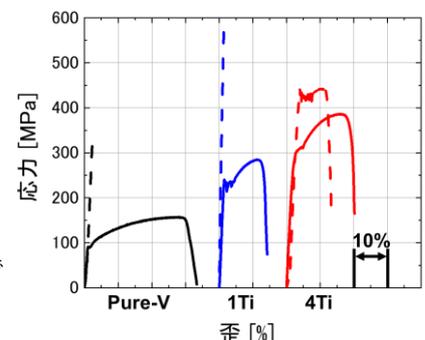


図 1 応力-歪曲線（実線；窒素ガス曝露前、破線；窒素ガス曝露後）

\*Kazuki Saito<sup>1</sup>, Makoto Kobayashi<sup>1,2</sup>, Jingjie Shen<sup>2</sup>, Gaku Yamazaki<sup>1</sup>, Takuya Nagasaka<sup>1,2</sup>, Valentyn Tsisar<sup>3</sup>, Takeo Muroga<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>SOKENDAI, <sup>2</sup>NIFS, <sup>3</sup>SCK•CEN