

# He イオン照射した V-(4-8)Cr-(0-4)Ti 合金の照射硬化挙動と損傷組織発達

Irradiation hardening behavior and microstructural evolution of He-irradiated V-(4-8)Cr-(0-4)Ti alloys

\*北村 嘉規<sup>1</sup>, 三浦 柁一郎<sup>1</sup>, 福元 謙一<sup>1</sup>, 石神 龍哉<sup>2</sup>, 長坂 琢也<sup>3</sup>

<sup>1</sup>福井大学, <sup>2</sup>若狭湾エネルギー研究センター, <sup>3</sup>核融合科学研究所

低放射化 V-Cr-Ti 合金開発を目的として低 Ti 濃度添加 V-Cr-Ti 合金にヘリウム照射を行い照射硬化挙動について調査を行った。1%Ti 添加材で照射硬化が極大になり、Cr 濃度に対しては添加量増加による照射硬化の低下が見られた。

**キーワード**：核融合炉，ブランケット，バナジウム，照射硬化，微細組織観察

## 1. 緒言

V-Cr-Ti 合金は低放射化、耐照射損傷性、高温機械特性に優れているため核融合炉ブランケット構造材料の候補材として期待されている。V-4Cr-4Ti 合金のさらなる低 Ti 化により核融合炉使用後の冷却期間の短縮が可能となるが、スエリング抑制効果があるために添加量を減少できず組成の最適化を行う必要がある。本研究では低 Ti 化による V 合金の強度変化と He イオン照射による照射硬化挙動を調べる。

## 2. 実験方法

試料は、不純物濃度および Ti, Cr 添加量を変化させた V-(4-8)Cr-(0-4)Ti 合金を用いた。C, N, O の不純物濃度において通常材と高純度インゴットを用いて作成した高純度材の 2 種類を準備した。イオン照射は、若狭湾エネルギー研究センターにて、照射イオン 2MeVHe<sup>2+</sup>、最大損傷量 0.5dpa、照射温度 500°C および 700°C で行った。イオン照射損傷ピーク深さは試料表面から 3.6 $\mu$ m であった。超微小硬度試験によって照射硬化を調べた。その際、電子後方散乱回析測定によって結晶粒界を避けて試験した。FIB で試料照射領域を採取してフラッシュ電解研磨により FIB ダメージを取り除き、加速電圧 200kV で TEM 観察を行った。

## 3. 結果

図 1 と図 2 に V-Cr-Ti 合金の通常材と高純度材の超微小硬度試験の結果を示す。未照射の V-Cr-Ti 合金試料では Ti 添加量と不純物濃度による硬化量に大きな変化は見られなかった。500°C 照射した試料では、Cr 添加量に関わらず Ti 添加量 1% において最大の照射硬化を示した。Ti 添加量が 2~4% の V-Cr-Ti 合金では、Ti 添加量が増加しても照射硬化量は減少した。1%Ti 添加材において、高純度化材は通常材よりも照射硬化量が小さくなることが明らかとなった。一方で、Ti 添加量が 2% 以上の V-Cr-Ti 合金では、不純物濃度の増加による照射硬化量の増加は確認できなかった。Cr 添加材では 8Cr 添加材で照射硬化量の減少が見られた。

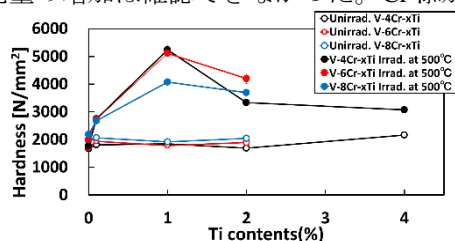


図 1 通常材の超微小硬度試験の結果

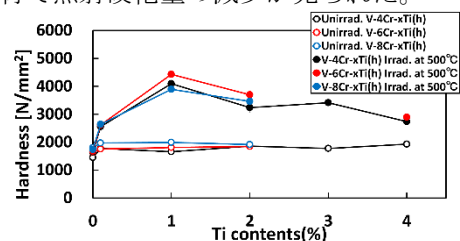


図 2 高純度材の超微小硬度試験の結果

TEM 観察ではイオン照射した Ti 添加量 1% の V-Cr-Ti 合金試料では高密度の欠陥集合体と Ti(CON)析出物が形成され、Ti 添加量 2% 以上の V-Cr-Ti 合金試料では Ti(CON)析出物が形成・成長が観察された。Ti 添加量 1% の V-Cr-Ti 合金の顕著な照射硬化は Ti(CON)には成長しきれない微小欠陥集合体とその照射硬化の主要因であることが明らかとなった。詳細については当日報告する。

**参考文献**：[1] K. Fukumoto et al., ; <https://doi.org/10.3390/qubs5010001>

\*Yoshiki Kitamura<sup>1</sup>, Syuichiro Miura<sup>1</sup>, Kenichi Fukumoto<sup>1</sup>, Ryoya Ishigami<sup>2</sup> and Takuya Nagasaka<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Univ. of Fukui., <sup>2</sup>WERC, <sup>3</sup>NIFS