

超微小引張試験によるステンレス鋼の照射硬化挙動の評価

Evaluation of radiation hardening of stainless steels by micro-tensile testing

*三浦 照光, 國谷 耕平, 藤井 克彦, 福谷 耕司

原子力安全システム研究所

イオン照射したステンレス鋼等を室温で超微小引張試験し、引張特性に及ぼす試験片のサイズ効果と集束イオンビーム加工による硬化層の影響および硬化量と照射欠陥の関係を調べた。

キーワード: ステンレス鋼、照射硬化、超微小引張試験、イオン照射

1. 緒言

近年開発が進む超微小試験技術は、材料の局所的な機械的性質の評価が可能であり、イオン照射材で機械的性質への照射影響を直接評価可能になる等、原子力材料の劣化機構解明への活用が期待される。しかし、超微小試験では試験片が小さいほど強度が高くなる傾向があり、照射硬化挙動の評価には注意を要する。また、試験片作製には集束イオンビーム (FIB) 加工が広く利用されるが、試験片表面に硬化層が形成され、機械的性質に影響する。本研究では、超微小引張試験における照射硬化挙動を理解するため、ステンレス鋼溶接金属とイオン照射したステンレス鋼を室温で超微小引張試験し、引張特性に及ぼす試験片のサイズ効果と FIB 硬化層の影響および硬化量と照射欠陥の関係を調べた。

2. 試験

SUS316L ステンレス鋼溶接金属 (以下、316L 溶金) と SUS316 ステンレス鋼の溶体化熱処理材 (以下、316 鋼) を用いた。316 鋼には東京大学重照射研究設備のタンデロン加速器を用いて 2.8 MeV Fe²⁺イオンを 300°C で 5 dpa 照射し、透過型電子顕微鏡 (日立製作所 HF3000) でミクロ組織を調べた。引張方向を(001)とした単結晶の超微小引張試験片を、316L 溶金のオーステナイト相と 316 鋼の照射/未照射領域から FIB 加工で作製した。なお、316L 溶金からはゲージ部寸法が 8×1×1 μm と 2.4×0.3×0.3 μm の試験片 (以下、L 型と S 型) を作製し、これらについて FIB 加工のまま 2kV のイオン研磨で FIB 硬化層を低減したものを用意した。316 鋼からはイオン研磨した L 型試験片を作製した。FIB-SEM 装置 (日立ハイテクノロジー NB5000) 内で室温の引張試験を行い、試験片の伸びと応力の関係を調べた。

3. 結果

316L 溶金の応力-伸び線図を図 1 に示す。S 型試験片の降伏応力は L 型より高く、試験片のサイズ効果が認められた。また、イオン研磨した試験片では FIB 加工のままと比べて、降伏応力は S 型では 200 MPa ほど低いが、L 型では有意差は認められない。L 型試験片のゲージ部に占める FIB 硬化層の体積割合は、S 型の 50% と比べて 20% と小さく、FIB 硬化層の影響は L 型試験片では小さいことが示唆される。316 鋼の応力-伸び線図を図 2 に示す。照射領域の降伏応力は、未照射領域よりも 300 MPa 高い。照射領域では転位ループとキャビティが認められ、これらによる照射硬化が認められた。なお、未照射領域の降伏応力は、通常サイズの室温引張試験で測定した 220 MPa より高く、L 型試験片でも試験片のサイズ効果が認められた。当日は、電子線照射した 316 鋼の試験結果も交え、オロワンモデルで評価した照射硬化量との比較について報告する。

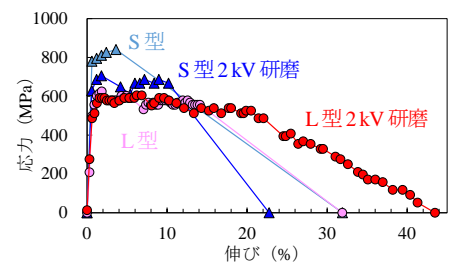


図 1 316L 溶金の応力-伸び線図

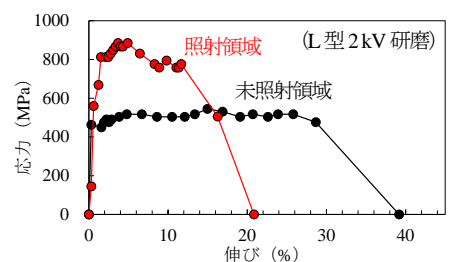


図 2 316 鋼の応力-伸び線図

*Terumitsu Miura, Kohei Kokutani, Katsuhiko Fujii, Koji Fukuyua