

北海道大学工学部・竹山太郎 高橋坪七郎 横谷 登
東北大学金属材料研究所 茅野秀夫

1. 緒言

鉄鋼をはじめとするほとんどの材料は使用される環境によつて著しい影響を受ける。とくに、中性子照射に起因する材料の内的要素の変化と原子炉材料の脆化は密接に関連し、照射損傷で生ずる格子欠陥クラスター、ボイドあるいは転位など欠陥の種類によつて異つた挙動を示し、いまだ未解決の問題が多い。また、照射により生ずる欠陥は溶質原子と相互作用し、とくに体心立方金属では侵入型原子である炭素、酸素や窒素などの存在により挙動は複雑である。このような照射による金属中の格子欠陥の動向は材料内部の変化を追求することにより明らかにされ、機械的性質の改善の基礎的な知見が得られると考えられる。本研究では照射研究の一環として鉄-炭素合金の照射による内部組織変化および機械的性質について研究した。

2. 結果および考察

本研究では0.002 wt% から0.025 wt% の間の炭素濃度のことなる鉄試料を用い、照射量 4.7×10^{20} nU/c (100°C) および 1.2×10^{21} nU/c (500~550°C) で照射(>1 MeV)した。

照射量の低い場合、いずれの試料にも欠陥集合体は観察されなかった。しかし、焼鈍によつて欠陥集合体が生じ、約300°C以上で明確な転位ループが形成される。写真1は炭素濃度0.025 wt% 試料を照射後500°Cで15分焼鈍した電子顕微鏡組織である。直径約300 Å程度の転位ループが生じその密度は約 $3 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ である。この転位ループは照射中に炭素に捕捉された欠陥が加熱によつて集合体を形成するようになったためと考えられる。

照射量の高い場合、照射温度が高いので炭素濃度の低い(0.002 wt%) 試料(A)にはボイドが観察される。写真2はそのときの電子顕微鏡組織である。ボイド密度は約 $1 \times 10^{14}/\text{cm}^2$ でボイド分布では直径約500 Åのものが最も多い。同一照射条件でも炭素濃度0.01 wt% 試料(B)を照射したときにはボイドは観察されなかった。試料A, Bを-196°Cから200°Cの温度で引張変形すると両試料とも高温でセレーションが生じるけれど機械的性質はことなる。純度の高い試料Aの降伏応力や加工硬化は大きく、伸びは低下していた。図1は試料A, Bについて変形温度に対する降伏応力の変化を示す。純度の高い試料でボイドが形成することから、ボイド形成が変形強度を高くする要因となっていると考えられる。

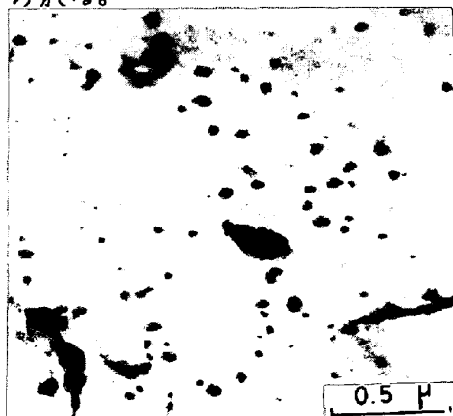


写真1, 中性子照射後、500°Cで15分間加熱で生じた転位ループ。

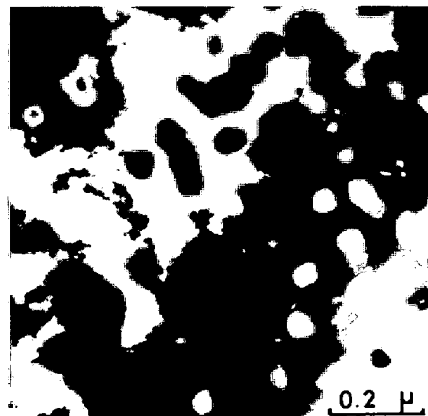


写真2, 中性子照射によって生じたボイドの電子顕微鏡組織。

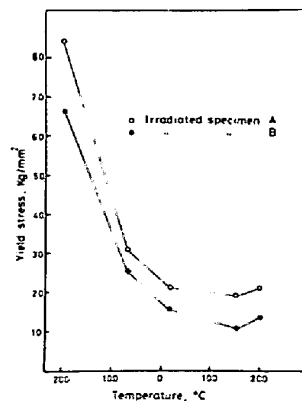


図1, 照射試料の降伏応力と変形温度との関係。