

(601) 中性子照射にもとづく鉄合金の延性劣化

東大工 井形直弘
原研 渡辺勝利

§ 1. 序 鉄鋼材料は広く原子炉用材料として用いられ、また将来の核融合炉用材料においても最も有力な候補材料とされている。これらの分野における鉄鋼材料の最大の問題の一つは照射にもとづく延性劣化である。本研究ではFe-N, Fe-Mo-N, Fe-Cu-Nなどの合金における中性子照射にもとづく延性劣化を測定し、これを現象論的に解明することを目的としている。

§ 2. 実験方法 用いた試料の化学組成はFe-70 wt. ppm N, Fe-0.5 wt. % Mo - 70 wt. ppm N, Fe-0.2 wt. % Cu-70 wt. ppm N である。これらの試料から平行部 $1^t \times 3^w \times 24^l$ mm の引張試験片を切り出し、800℃, 1時間 10^{-5} torr の真空中で焼なましした後、水中急冷を行った。照射はJRR-2を用い、照射量 3×10^{19} n/cm² (E > 1 MeV), 温度60℃とした。引張試験の歪速度は $3.47 \times 10^{-4} \sim 1.39 \times 10^{-3}$ sec⁻¹ で行った。

§ 3. 実験結果 引張試験のデータより真応力 σ および真歪 ϵ を求めた。この場合荷重極大点までの真歪は初期標点間長さを l_0 , 荷重極大点までの標点間長さ l とした場合、 $\epsilon = l_n (l/l_0)$ で表わされる。荷重極大点以後はネッキングを生じ伸びも局所化するが、この場合一般に延性は全伸びとして取扱われている。本研究では破断時の長さを l_f とし $\epsilon_f = l_n (l_f/l_0)$ として定義する。ここで、 $\sigma = A \epsilon^n$, $\sigma = K \epsilon^m$ とした場合、荷重極大点での真歪 ϵ_u は n とほぼ一致した値となる。また、 $(\epsilon_f - \epsilon_u)$ は m 値とともに増大することがわかる。さらに、 n および m 値は照射硬化 σ_ϕ の増大につれて減少し、従って ϵ_u および $(\epsilon_f - \epsilon_u)$ も照射とともに小さくなり延性劣化を示す。第1図は $\sigma_\phi - n - \epsilon_u$ の関係を、また第2図は $\sigma_\phi - m - (\epsilon_f - \epsilon_u)$ の関係を示す。

§ 4. 現象論 いま応力を動的成分 σ_d と静的成分 σ_s とに分けて考えると、 $\sigma = \sigma_d + \sigma_s$ となりここで σ_d , σ_s はそれぞれ $\sigma_d = K' \dot{\epsilon}^{m'}$ および $\sigma_s = \sigma_0 + \sigma_\phi + A' \epsilon^{n'}$ である。式中 σ_0 は摩擦力、 σ_ϕ は照射硬化、 m' および n' はそれぞれ応力の歪速度および歪依存性を示す指数、 K' および A' はそれぞれ応力の歪速度および歪依存性を示す係数である。

$$n = \frac{d \log \sigma}{d \log \dot{\epsilon}} = n' \left[1 - \frac{\sigma_0 + \sigma_\phi + K' \dot{\epsilon}^{m'}}{\sigma} \right]$$

$$m = \frac{d \log \sigma}{d \log \dot{\epsilon}} = m' \left[1 - \frac{\sigma_0 + \sigma_\phi + A' \epsilon^{n'}}{\sigma} \right]$$

上式より σ_ϕ が著しく大きく $\sigma_\phi \approx \sigma$ となるような場合には n および m の値は Zero に近づく。

§ 5. 結び 照射にもとづく延性劣化は一様伸びの減少と局所伸びの減少とに分けられるが、前者は加工硬化指数の減少にもとづくものであり、後者は歪速度感受性指数の減少にもとづくものである。従って、延性劣化を少なくするには硬化を小さくすることが最も有効である。

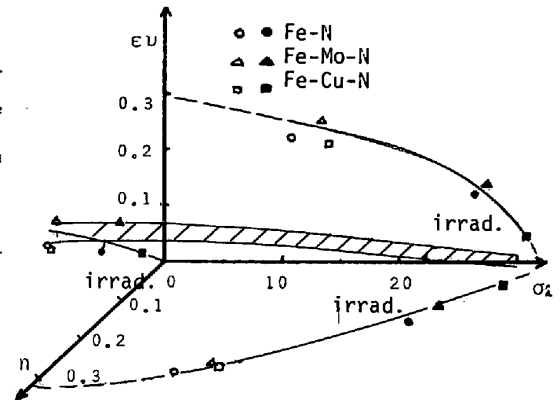


図1 $\sigma_i - n - \epsilon_u$ の関係

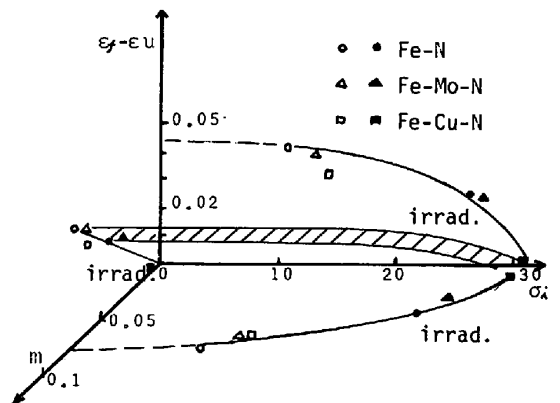


図2 $\sigma_i - m - (\epsilon_f - \epsilon_u)$ の関係