(271)　鉄鋼の照射敏感性に関する現象論

東大工学部　○井形直弘　橋口隆吉

原子炉圧力容器用鋼材は中性子照射により脆化し遷移温度が上昇する。この遷移温度の上昇はその微細組織の状態によって敏感に影響を受ける場合がある。本研究は鉄鋼の照射敏感性を支配する要因を評価する必要性にもとづき試みられたもので，ある仮定の下に計算が進められている。先ず最初に次のことを仮定する。

仮定(1) 破壊強度σ_fと降伏強度σ_yが交叉する点で脆性延性遷移を示すものとする。

(2) 降伏強度ならびに破壊強度の粒度依存性は次式であらわされる。

$$\sigma_y = \sigma_{oy} + k_y d^{-\frac{1}{2}} \quad , \quad \sigma_f = \sigma_{of} + k_f d^{-\frac{1}{2}} \qquad (1)$$

(3) 破壊強度σ_fの温度依存性は降伏強度σ_yの温度依存性に比べて無視出来る程度であり一定であるとする。

(4) 破壊強度σ_fはある一定の大きさ以上の析出物を含む場合には照射によって減少するが，そうでない場合には照射によって変化しないものとする。

(5) 降伏強度の照射にもとづく変化は一定の照射単位で考え$\Delta\sigma_{y\,irr}$とする。$\Delta\sigma_{y\,irr}$はσ_{oy}ならびにk_yの照射にもとづく変化を含んでいる。

理論　先ずσ_yの照射による増加$\Delta\sigma_{y\,irr}$が原因で遷移温度のずれΔTを生ずるとすると，

$$\Delta T = \frac{-\Delta\sigma_{y\,irr}}{\frac{\Delta\sigma}{\Delta T}} \quad \text{or} \quad \frac{-\Delta\sigma_{y\,irr}}{\frac{d\sigma}{dT}} \qquad (2)$$

照射にもとづく遷移温度のずれに及ぼす粒度効果には次のような4つの場合がある。

(i) k_yが温度によって変化せず，また照射によって変化しない場合

$$\frac{d(\Delta T)}{d(d^{-\frac{1}{2}})} = 0 \qquad (3)$$

(ii) k_yが温度によって変化せず，照射によって変化し$k_y \mp \Delta k_{y\,irr}$となる場合.
（＋は時効を含む場合）

$$\frac{d(\Delta T)}{d(d^{-\frac{1}{2}})} = \frac{\pm\Delta k_{y\,irr}}{\frac{d\sigma_0}{dT}} \lesseqgtr 0 \qquad (4)$$

(iii) k_yが温度によって変化し，照射によって変化しない場合

$$\frac{d(\Delta T)}{d(d^{-\frac{1}{2}})} = \frac{\Delta\sigma_{y\,irr}}{\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)^2} \cdot \frac{d^2\sigma}{dT\,d(d^{-\frac{1}{2}})} = \frac{\Delta\sigma_{y\,irr}}{\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)^2}\frac{dk_y}{dT} < 0 \qquad (5)$$

(iv) k_yが温度によって変化し，照射によって変化する場合。$k_y \mp \Delta k_{y\,irr}$とする。（＋は時効を含む場合）

$$\frac{d(\Delta T)}{d(d^{-\frac{1}{2}})} = \frac{\pm\Delta k_{y\,irr}\left(\frac{d\sigma}{dT}\right) + \Delta\sigma_{y\,irr}\left(\frac{dk_y}{dT}\right)}{\left(\frac{d\sigma}{dT}\right)^2} \qquad (6)$$

(6)式分子オ1項＋の場合は右辺は負となる。(6)式分子オ1項－の場合は右辺は＋の場合と－の場合とがある。

以上4つの場合のうちk_yの温度依存性は炭素及び窒素原子が固溶状態であるか析出状態であるかが関係し，また照射依存性は転位密度の粒度依存性が関係していると考えられる。従って(3)〜(6)はこれらの要因によって照射による遷移温度のずれが影響を受けることを示している。

次に粒度一定とし固溶限内で固溶原子の影響をしらべるため，$\sigma_y = \sigma_{oc} + k_c[C] + k_y d^{-\frac{1}{2}} \cdots (7)$ とおき，また粒度一定で析出物の影響をしらべるため析出物間かくをλであらわし，降伏ならびに破壊強度を次のようにおいて計算を行なった。$\sigma_y = \sigma_{op} + k_{py}\lambda^{-\frac{1}{2}}$, $\sigma_f = \sigma_{of} + k_{pf}\lambda^{-\frac{1}{2}}$ (8)