

討 14-3 高張力鋼の $\Delta K_{th}/2$ におよぼす平均応力の影響

金属材料技術研究所

佐々木悦男, 太田昭彦

疲れき裂伝播速度 da/dn が、応力拡大係数の振幅 $\Delta K/2$ のべき関数として、 $da/dn = A(\Delta K/2)^m$ (1) で表わされることが広く認められている。しかし、応力拡大係数がある値以下では疲れき裂の伝播が全く起らなくなり、(1)式が成立する範囲には限界があることが分かって来た。そして、疲れき裂が伝播する下限の応力拡大係数の振幅は、き裂が潜在する材料の疲れ限度に対応するものとして注目され、 $\Delta K_{th}/2$ として表わされ材料の強度を表わす定数と考えられるようになった。この値を求めるには、 $\sim 10^{-5}$ mm/cycle という非常に遅い疲れき裂伝播速度を、応力履歴の影響がない状態で測定する必要がある。金属材料では、この値を自動的に求める試験装置を開発し、数種の鋼について平均応力を種々変え、 $\Delta K_{th}/2$ に至る疲れき裂の伝播速度を測定した。得られた結果の一例を図1に示す。同一 $\Delta K/2$ で比較すると、応力比 $R (= K_{min}/K_{max})$ が大きくなるほど da/dn は大きくなるが、 R が $R_c = 0.33$ 以上になり $\Delta K/2$ が大きな範囲では R の効果はほとんどなくなる。 $\Delta K_{th}/2$ と、 $da/dn = 10^{-5}$ mm/cycle を与える $\Delta K/2$ を、図1から読み取り、(1-R)との関係を図2となる。

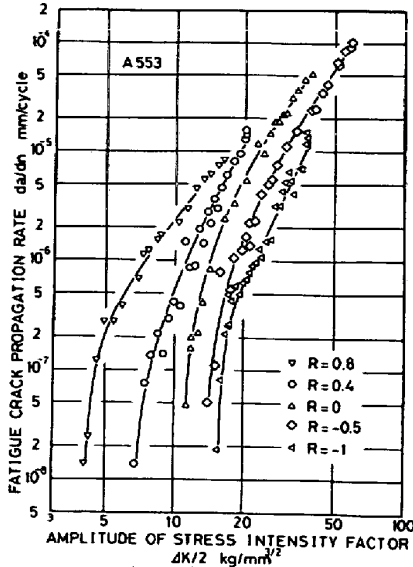


図1. $\Delta K/2$ と da/dn の関係

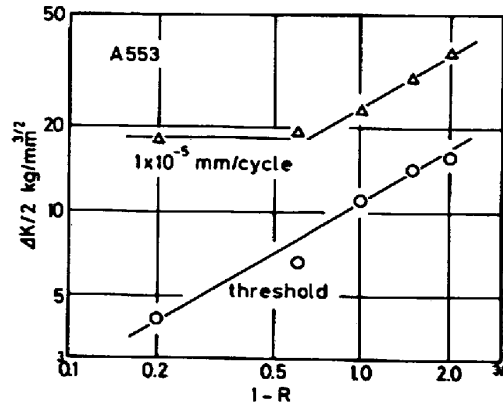


図2. $\Delta K_{th}/2$ におよぼす R の効果

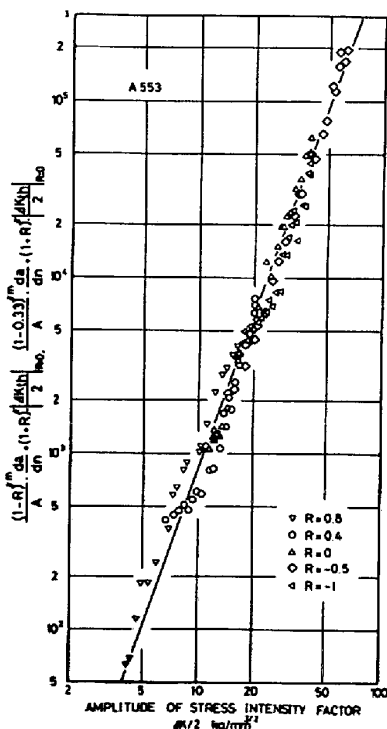


図3. (3)式による $\Delta K/2$ と da/dn の関係の検討

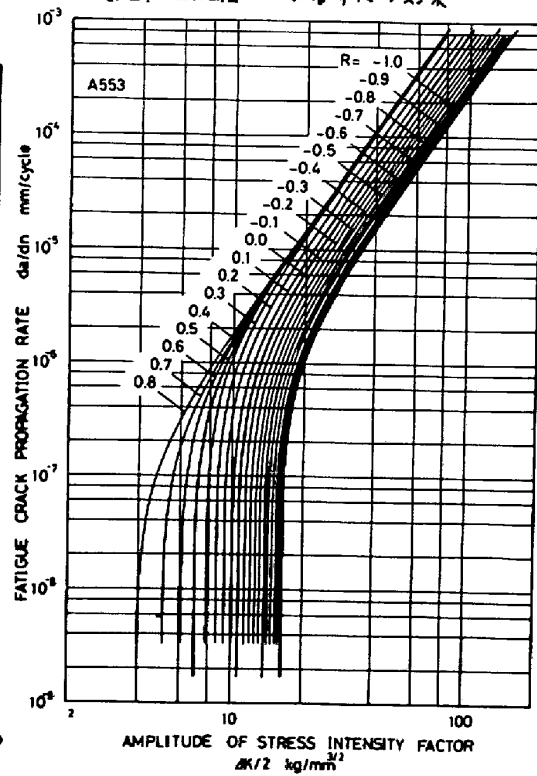


図4. (3)式によって得た A553 材の $\Delta K/2$ と da/dn の関係

$\Delta K/2$ の大きな範囲では $(\Delta K/2) \gg (\Delta K_{th}/2)$ であるため、(1)式と $R=0$ の場合の(3)式は一致する。従って、(3)式の R の効果や $|\Delta K_{th}/2|_R$ は、それが不明の場合は $\gamma = 0.7$, $\Delta K_{th}/2 = 0$ とし、情報が入った時まで追加すれば良い。

この値を求めるには、 $\sim 10^{-5}$ mm/cycle という非常に遅い疲れき裂伝播速度を、応力履歴の影響がない状態で測定する必要がある。金属材料では、この値を自動的に求める試験装置を開発し、数種の鋼について平均応力を種々変え、 $\Delta K_{th}/2$ に至る疲れき裂の伝播速度を測定した。得られた結果の一例を図1に示す。同一 $\Delta K/2$ で比較すると、応力比 $R (= K_{min}/K_{max})$ が大きくなるほど da/dn は大きくなるが、 R が $R_c = 0.33$ 以上になり $\Delta K/2$ が大きな範囲では R の効果はほとんどなくなる。 $\Delta K_{th}/2$ と、 $da/dn = 10^{-5}$ mm/cycle を与える $\Delta K/2$ を、図1から読み取り、(1-R)との関係を図2となる。これより、 $|\Delta K_{th}/2|_R = (1-R)^{\gamma} |\Delta K_{th}/2|_{R=0}$ (2) が成立する。これらより、 $da/dn = A(1-R)^{\gamma m} \left[\left(\frac{\Delta K}{2} \right)^m - \left(\frac{\Delta K_{th}}{2} \right)^m \right]$ (3) なる実験式を提案した。他の研究者等の結果を含めた他の材料についても(3)式は良く成立した。図3は(3)式の妥当性を確認するためのものである。図4は(3)式を計算して求めた曲線群である。ここで強調しておくが(3)式は、