

(572) クリープ強さの環境効果と複合則

日本原子力研究所 ○田村 学* 近藤達男

1. 緒言 実用近似環境下におけるクリープ試験を長期間行なうには腐食試験に比べて、時に莫大な労力と経費を要する。長期の確性試験もむろん必要であるが、材料開発のためには長時間のクリープ挙動の簡便な推定法も必要となる。本報告ではまず出発点として無応力下の腐食データといわゆるクリープの複合則を組合せた場合、環境下のクリープ強さの時間的変化と試験片の寸法効果の実験データがどの程度説明できるかを半定量的に検討してみた。

2. 複合則 簡単のために試料は t_1 の破断時間をもつ健全部と同一の温度と応力で t_2 の破断時間をもつ変質部からなる複合材と考える。破断時間および定常クリープ速度と応力の間それぞれ指数関係が成立し、それぞれの応力指数は雰囲気の影響を受けないものとする。破断時間 \hat{t} と定常クリープ速度 $\dot{\epsilon}$ の間には Monkman-Grant の式 $t \propto \dot{\epsilon}^k$ が常に成立し、 k は雰囲気の影響を受けないものとする。

以上の仮定のもとに α を変質部の体積率とし、 \hat{t} を合成された破断時間とすると①式が成立する。

$$\frac{\hat{t}}{t_1} = \left[1 + \alpha \left\{ \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^{1/n} - 1 \right\} \right]^n \dots \dots \textcircled{1} \quad \frac{\hat{t}}{t_1} = \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^\alpha \dots \dots \textcircled{2}$$

変質部が荷重軸に対して健全部と並列の場合には n は破断時間の応力指数 ($n \sim 4$) に等しい。直列の場合には $n = k$ ($k = -0.5 \sim -1$) である。弱い変質部が並列に結合している時は n の増加とともに破断時間比 \hat{t}/t_1 は減少するが②式以下にはならない。直列の時は \hat{t}/t_1 は②式よりもかなり小さい。

3. 実験的検討 (1) あらかじめ 1150°C の窒素中で $\alpha = 30, 72$ および 100% だけ表面から窒化させた Incoloy 800H を、それ以上試験中に著しく窒化が進行しない条件 (800°C, 6.5 および 8 kg/mm², 700°C, 1.7 kg/mm²) でクリープ破断試験を行なった。全面窒化させた試料の破断時間は未窒化材のおよそ 6 倍であり、破断時間比 \hat{t}/t_1 と α の関係はほぼ②式を満足する。

(2) 試験片の直径および矩形断面の形状を変化させた Incoloy 800H の 1000°C における大気中のクリープ破断結果は表面積の多い試料ほど窒化のために破断時間が長くなる。無応力で大気中に暴露した試料の窒化深さから求めた変質部の体積率 α と破断時間比 \hat{t}/t_1 の関係はやはり②式を満足する。すなわち、巨視的にはクリープ強さの環境効果について並列モデルの複合則が成立する。

(3) HTR 近似ヘリウム (原研 b 型 He) 中における Hastelloy-X の 900°C におけるクリープ強さの環境効果を調べた結果^{1) 2)} と複合則の理論値を比較したのが図 1 である。図中線で結んだのは同一条件のデータを意味する。理論値の算出には変質部の破断時間を健全部の 1/100 と仮定し、実験データの変質部体積率 α の算出には Hastelloy-XR の b 型 He 中の脱 Cr 深さのデータ³⁾ を用いた。b 型 He 中のクリープ強さは並列モデルから予想されるよりも腐食の進行にともなう強度低下が著しく、かつデータ間の傾きはむしろ直列モデルに近い値を示した。

引用文献 1) 木内ほか: JAERI-M8153(1979) 2) 小川ほか: 日本鉄鋼協会第 101 大会, 日本原子力学会 56 年年会 3) 新藤: 私信 *) 外来研究員 (日本鋼管株式会社)

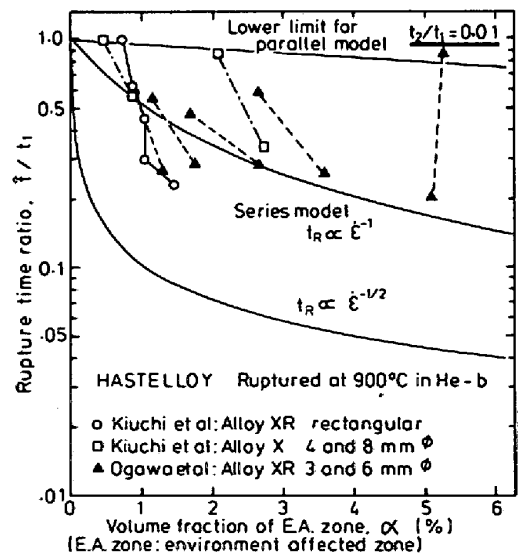


図 1 He 中の実験値と理論値の比較