

日本鋼管(株)技術研究所 ○田村学 井原義人

1. 緒言 ボイラ用機器のクリープ損傷による残存余命を推定したり、圧力容器の応力解析の基本データを求めるためにはクリープ曲線を知る必要があるが、実用材料の長時間クリープ曲線の報告は少ない。今回は最小クリープ速度を得るために求めた最長60,000 hまでのクリープ曲線を整理、検討した結果を報告する。

2. 解析方法 フェライト系、オーステナイト系の計12種の実用耐熱鋼の1軸引張クリープ曲線をボイラにおける使用温度付近で求めた。試験総数は約140本であり、うち58本が破断に至っている。試験方法、実験精度、試験条件、試験鋼種の詳細は前報¹⁾を参照されたし。同じ鋼種ごとにクリープ伸び挙動を説明するにはデータが少なく、かつ煩雑である。そこで図1の横軸に示すように応力 σ をJISの許容応力 σ_A で割って鋼種、温度の効果をならしてデータを整理した。クリープ曲線の特徴的な量、I期伸び ϵ_1 、最小クリープ速度 $\dot{\epsilon}$ 、III期クリープ開始歪 ϵ_2 および開始時間 t_2 、1%クリープ時間 $t_{1\%}$ 、破断時間 t_R と σ/σ_A の関係を図1のように求め、それらを基に代表的な応力 $\sigma/\sigma_A = 1, 1.2, 1.5$ について図2に示すクリープ曲線を推定した。

3. 解析結果 (1)最小クリープ速度 $\dot{\epsilon}$ 、III期開始時間 t_2 、1%クリープ時間 $t_{1\%}$ 、破断時間 t_R と σ/σ_A の両対数プロットをすると図1に示したようにマクロ的には1本のマスター曲線が得られる。ミクロ的には $\dot{\epsilon}$ は同じ等価応力 σ/σ_A に対してフェライト系の方が若干大きく、 t_2 は高温ほど短時間になる傾向がある。すなわち全寿命に対するIII期クリープの占める割合は低温で約50%に対し、高温では約70%である。

(2) 一方、I期伸び ϵ_1 およびIII期開始歪 ϵ_2 は σ/σ_A が大きい時はばらつきが大きい、 $\sigma/\sigma_A = 1$ ではそれぞれ一定の値に収束する。 ϵ_1 、 ϵ_2 とも低温ほど大きくなる傾向がある。

(3) 図2に示した標準的なクリープ曲線から、標準的な材料が設計温度、設計応力で使用されているならばボイラの設計寿命である 10^5 hでも定常状態にあり、かつ極めてわずかな損傷しかうけないと推定される。材料が弱いか、腐食による減肉、伝熱不良による応力上昇、昇温が起ることを想定した $\sigma/\sigma_A = 1.2$ の時でも 10^5 h後にIII期クリープに入るかどうかと言う程度である。

(4) 時間依存の応力強さ S_t を求める場合長時間では1%クリープでなく、III期クリープ開始時間が決定因子となる。

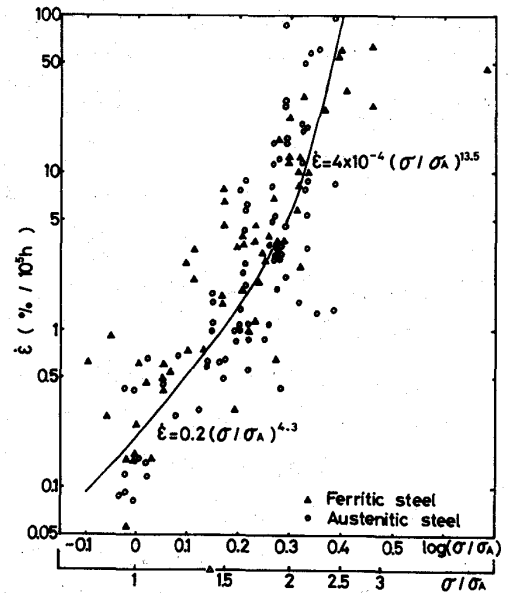


図1 εとσ/σ_Aの関係

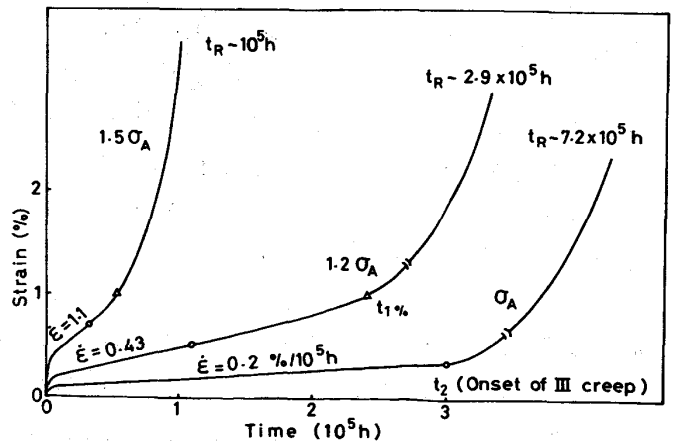


図2 低応力における標準的クリープ曲線(推定)

1) 田村、井原：鉄と鋼，64(1978)，
S 867