

(391)

高速炉構造材料 SUS304 母材および予ひずみ材の高温引張特性

東芝総合研究所 石井正章 小川和夫 村林頼樹
 東芝原子力事業本部 大工基一

1. 緒言

高速増殖炉は、設計上冷間塑性加工を施す場合があり、しかも形状的に焼鈍が困難な機器（容器、タンク等）がある。したがって、冷間加工材を使う機器の設計において高い安全性と信頼性を保証するためには、冷間加工材の高温材料特性を調べ、材料特性に対する予ひずみの効果を把握する必要があり。本報告では、主要な高速炉材料であるオーステナイト系ステンレス鋼 SUS304 に関して、母材（予ひずみ 0%）ならびに 5、10、15% の各予ひずみ材について、大気中雰囲気、室温 500、550、および 600℃ の各温度で引張試験を行い、その特性におよぼす予ひずみ効果を定量的に明らかにし、さらに構成式の検討を行った。

2. 実験方法

供試材は SUS304 の熱間圧延材（40t）で、予ひずみ材は予め室温にて所定の引張塑性ひずみを付加したものである。

3. 実験結果

(1) 予ひずみ効果 予ひずみ付加による一般的な現象として、予ひずみレベルの増加とともに 0.2% 耐力、引張強さは増加し、破断伸び、破断絞りも減少する。図 1 は、予ひずみ効果を各材料特性の変化率として定量的に表わしたものである。図で縦軸は、各予ひずみレベルでの物性値より母材での物性値 ($\sigma_{0.2 \text{ Base}}$ 、 $\sigma_{B \text{ Base}}$ あるいは $E_{B \text{ Base}}$) を減じたものを母材での物性値で除して求めた変化率である。

(2) 温度依存性 引張強さおよび 0.2% 耐力は、図 2 に示すように温度の増加にしたがって母材および予ひずみ材ともに、類似した減少の傾向を示す。すなわち、本試験条件内では短時間強度の温度依存性は、予ひずみレベルによりほとんど変わらないことがわかる。

(3) 応力-ひずみ関係の数式化 対象とした構成式を以下に示す。

$$\begin{aligned} \sigma^* &= K \epsilon_p^n & \text{①} & \quad \sigma^* = \sigma_{\infty} - (\sigma_{\infty} - \sigma_0) \exp(-n \epsilon_p) & \text{④} \\ \sigma^* &= \sigma_p + K_1 \epsilon_p^{n_1} & \text{②} & \quad \sigma^* = K_1 \epsilon_p^{n_1} + \exp(K_2 + n_2 \epsilon_p) & \text{⑤} \\ \sigma^* &= \sigma_{0.2} + H_2 \epsilon_p^{m_2} & \text{③} & \quad \sigma^* = \sigma_p + K_1 \epsilon_p^{n_1} + K_2 \{1 - \exp(-n_2 \epsilon_p)\} & \text{⑥} \end{aligned}$$

ここで、 σ^* は真応力、 ϵ_p は塑性ひずみ、 σ_p は比例限、 $\sigma_{0.2}$ は 0.2% 耐力、他の文字は定数である。実験データと式との一致度を非線形最小二乗法により、各試験条件について検討した。全試験温度およびひずみレベルにおいても、⑤、⑥ 式が良く fit するが複雑過ぎる。したがって、式の単純性を考慮すると、ひずみ 10% 以内では③式、ひずみ 2.5% 以内では①式が推奨される。

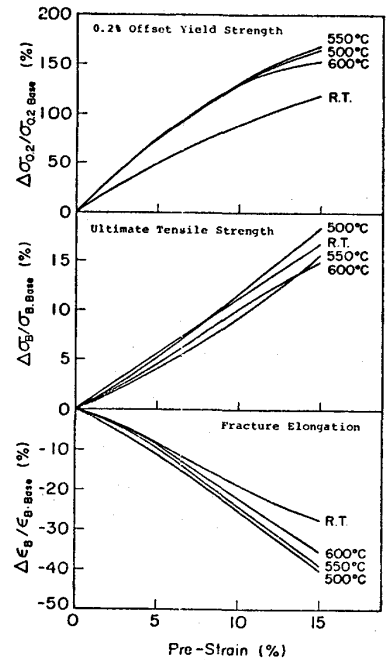


図1. SUS304の引張特性に対する予ひずみ効果の温度変化

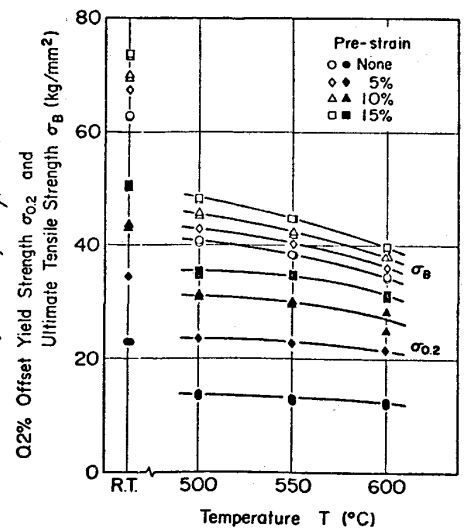


図2. SUS304の強度の温度変化