

(475) 多量の析出物を含むオーステナイト耐熱鋼のクリープ中の内部応力

秋田大学鉱山学部 藤田春彦, 田中 学, 日立電子エンジニアリング 田中雄三

I. 緒言 Al, オーステナイトステンレス鋼などを含む多くの純金属や固溶体合金では, 高温クリープ中の内部応力と転位組織などの関連が検討されている<sup>(1)(4)</sup>が, 多量の析出物を含む材料のクリープ中の内部応力についてはいくつかの報告<sup>(5)(6)</sup>があるものの, それを支配する要因については十分に明らかではない。本研究では多量のM<sub>23</sub>C<sub>6</sub>型析出物を含む21-4N排気弁用鋼を用いて, 実用温度範囲の600℃と700℃でクリープ試験を行い, 定常クリープ中の内部応力を求め, 析出物粒子や転位組織などとの関連を調べた。また, 同様の実験を含有量の低いSUS304鋼についても行い, 比較検討した。

II. 実験方法 1200℃×1h→水冷+750℃×30h→空冷の熱処理によって析出硬化させた市販の21-4N鋼(基本組成は0.54% C-0.39% N-21.10% Cr-4.07% Ni-9.74% Mn-残りFe)と, 1150℃×30min→水冷の溶体化処理を施したSUS304鋼(基本組成は0.08% C-18.04% Cr-8.60% Ni-1.32% Mn-残りFe)を標点距離30mm, 直径5mmφのつば付き丸棒試験片に加えし, 600℃と700℃において荷重を手動で調節して±0.5%の精度で定常クリープ試験を行った。定常クリープ中にひずみ変化法によって応力急変後の変形停滞時間を測定し, その応力依存性から外挿法によって内部応力を求めた<sup>(1)</sup>ほか, 負荷応力を一定とし温度変化によるクリープ速度の変化からクリープの活性化エネルギーを求めた。内部応力測定後のクリープ試験片から薄膜試料を作製し透過電顕観察を行った。

III. 実験結果 図1のように21-4N鋼においては定常クリープ速度 $\dot{\epsilon}_s$ の負荷応力( $\sigma$ )依存性は, 700℃に比べ600℃では高応力がわで大きく, 低応力がわで小さい。定常クリープ速度の有効応力 $\sigma_e (= \sigma - \sigma_i, \sigma_i$ : 内部応力)への依存性は, 700℃では $\sigma_e$ の大きさによって変化しないが, 600℃では $\sigma_e$ の低下とともに小さくなる。また, 図2に示したように, 負荷応力 $\sigma$ の増加とともに内部応力は増して600℃では28.6 kg/mm<sup>2</sup>の一定値に達する。この値は600℃でのOrowan stress  $\sigma_o = 2\mu b/l = 31.8 \text{ kg/mm}^2$  ( $l$ : 析出粒子間の距離)にほぼ等しい。一方, SUS304鋼では17.1~35.3 kg/mm<sup>2</sup>の負荷応力範囲で $\dot{\epsilon}_s \propto \sigma^{-8.6}, \dot{\epsilon}_s \propto \sigma_e^{2.1}$  (600℃),  $\dot{\epsilon}_s \propto \sigma^{-8.1}, \dot{\epsilon}_s \propto \sigma_e^{2.2}$  (700℃)であった。また, クリープの活性化エネルギーは温度, 応力によらず21-4N鋼, SUS304鋼でそれぞれ,  $71.0 \pm 3.5 \text{ kcal/mol}, 72.3 \pm 3.2 \text{ kcal/mol}$ であった。21-4N鋼では定常クリープ中にSUS304鋼のようなセル組織は形成されないが, 高応力になるほど析出物近傍の転位密度は高くなる傾向がみられた。

(1) 当摩建, 吉永日出男, 諸住正太郎: 日本金属学会誌, 38(1974)2, p.170.  
 (2) T. Hasegawa, S. Karashima and Y. Ikeuchi: Acta Met., 21(1973), p.887.  
 (3) 近藤嘉宏, 杉尾孝, 得田隆之, 田中良平, 奥崎哲哉: 鉄と鋼, 65(1979)11, p.336.  
 (4) 吉永日出男, 当摩建, 諸住正太郎: 日本金属学会誌, 38(1974)9, p.826.  
 (5) C. Carry and J.L. Strudel: Acta Met., 26(1978), p.859.  
 (6) W.J. Evans and G.F. Harrison: Metal Sci., 13(1979), p.641.

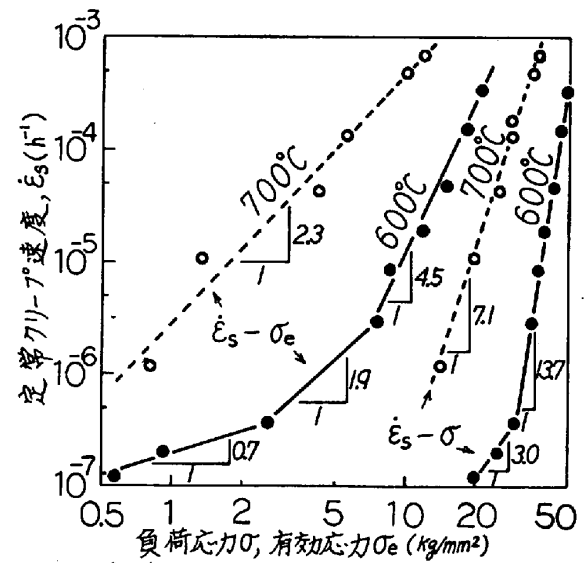


図1. 定常クリープ速度の応力依存性(21-4N鋼)

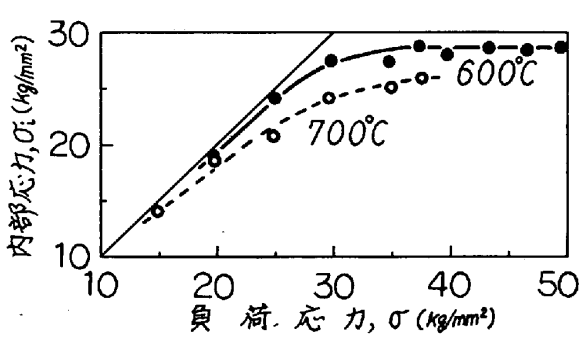


図2. 内部応力の負荷応力依存性(21-4N鋼)