

(704) Ni-20Cr 及び Ni-20Cr-20W 合金の高温クリープ特性に及ぼす Zr の効果  
 (Ni-Cr-W 系合金の高温クリープ特性に及ぼす微量合金元素の効果-第2報)

東工大 大学院 ○竹山雅夫 学生 三浦 徹 (現・東京海上)  
 工学部 松尾 孝 菊池 実 総合理工 田中良平

1. 緒言 第1報では高温クリープ特性に及ぼす B の効果について検討したが、Zr も微量合金元素として単独にあるいは B と組み合わせて Ni 基合金に添加されることが多く、それによって、クリープ特性が著しく向上することはよく知られている<sup>1)</sup>。しかし、それらの機構についてはいまだに不明な点が多い。とくに、Ni-Cr-W 系合金について Zr の効果を検討する場合には、炭化物の析出を避け粒界析出強化相である  $\alpha_2$ -W 相の形態変化について吟味する必要がある。

そこで、本研究では第1報と同様に  $\gamma$  単相である Ni-20Cr 合金と Ni-20Cr-20W 合金を用いて高温クリープ特性に及ぼす Zr の効果について検討する。

2. 実験方法 供試材は炭素を無添加とした Ni-20Cr 及び Ni-20Cr-20W 合金 (第1報とは異なり Ti を約 0.4 wt % 含む) を基本組成合金に選び、Zr をそれぞれ 2 水準で添加した計 6 合金 (Ni-20Cr : Z0, Z1, Z2, Ni-20Cr-20W : 20Z0, 20Z1, 20Z2) であり、これらは真空高周波炉で各 4kg 溶製し、13mm 角棒に熱間鍛伸した後、1100~1250°C で 0.5~1h の固溶化熱処理を施して結晶粒径を 200  $\mu$ m に調整した。クリープ試験は 900 及び 1000°C で行い、組織観察には光顕及び電顕を用いた。

3. 実験結果 (1) Ni-20Cr 合金に Zr を添加すると破断時間、クリープ抵抗及び破断延性は著しく向上するが、クリープ抵抗の増加に比べ破断時間の延長の度合がより大きい (Fig. 1)。(2) Ni-20Cr-20W 合金に Zr を添加しても、破断時間及び破断延性は大きく向上する (Fig. 1) が、クリープ抵抗は若干減少する。(3) Ni-20Cr 合金に Zr を添加すると高温、高応力側でサブグレイン化が促進され、細粒化にまで進む。なお、Zr を 0.14 wt % 添加した破断試料のいずれにも析出相は認められない。一方、Ti を 0.4 wt % 含む Ni-20Cr-20W 合金は粒内に  $\alpha_2$  相が多数析出し、粒界  $\alpha_2$  相の量は少ない。これに Zr を 0.035 wt % 添加すると  $\alpha_2$  相はおもに粒界に析出するようになるが、さらに Zr を添加するとこの効果は減ずる。また、この合金系においても Zr の添加によりサブグレイン化は促進される。(4) 以上の結果より Ni-20Cr 合金への Zr 添加に伴うクリープ抵抗の増加は Zr の固溶強化に起因すると推論される。また、Zr の添加はサブグレイン化を促進するため、B 添加の場合と同様、加速域が延長して、破断延性が増加するとともに、クリープ抵抗よりも破断時間を大きく増加させたものと推論される。一方、Ni-20Cr-20W 合金で Zr 添加によりクリープ抵抗が増加しないのは、Zr の固溶強化及び  $\alpha_2$  相による粒界析出強化による増分が  $\alpha_2$  相の粒内での析出分散強化の減少と相殺したためであり、また、破断時間及び破断延性が向上するのは、サブグレイン化及び  $\alpha_2$  相の粒界析出量の増加により割れの発生及び伝播が抑制され、加速域が延長したことによると推論される。

文献

1) R. T. Holt, et al. : Inter. Met. Reviews, 203 (1976), p.1

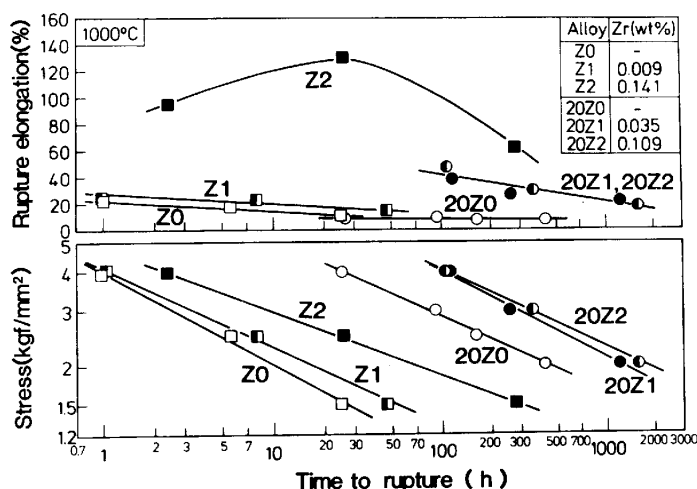


Fig.1 Changes in minimum creep rate and time to rupture curves of Ni-20Cr and Ni-20Cr-20W alloys with the addition of Zr at 1000°C.