

(489) ニッケル基耐熱合金の超高真空中における高温クリープ

日本原子力研究所

○木内 清、 近藤達男

目 的 ニッケル基耐熱合金の高温クリープが環境の化学的条件により影響を受けることは、既に多くの報告に示されている。著者らは、ヘリウム冷却型原子炉 (HTR) 用材料の研究でこの点を検討し、環境の影響を、試験体の表面積と体積の比 (便宜的に S/V 比と称す) と表面反応の速度および合金内部への影響として捕えてきた。その結果、環境の影響を大別して変形と腐食の同時作用型あるいは長時間応力時効を含む経時劣化型の効果とに分けて見る必要があるとの結論に達した。本報は、雰囲気ガス成分に依る表面反応が極度に抑えられた超高真空中 ($\sim 2 \times 10^{-8}$ Torr) における高温クリープを測定し、表面反応が抑制された条件下の基本的変形挙動と何らかの化学反応とそれに伴う物質輸送が盛んに起る一般的な条件の差異について考察した。

方 法 供試材は、高温クリープ特性が比較的良く調べられているハステロイ-XおよびXR (ハステロイ-Xの低酸化ポテンシャル系における耐食性を改良したもの) 鍛造材 (ASTM粒度 3.5 ~ 4.5) を用いた。試験片の形状は、(S/V) が $0.5 \sim 1.7 \text{ mm}^{-1}$ の範囲の丸棒ないし板状とした。試験部は、内熱型Ta抵抗体により加熱し、ターボ分子ポンプ排気で 2×10^{-8} Torrを保つた。試験は、 900°C で行ない、比較には不純ヘリウムおよび大気中での同一条件による試験結果を用いた。

結 果 ①超高真空中クリープ変形……… S/V の大きい細径試験片は、一般にクリープが加速され破断寿命も短い。しかし超高真空中では、例えば 8 mm の大径の試験片と同等またはそれ以上のクリープ変形抵抗を示した。特に一般に小径試料の劣化の著しい低応力側でも大きい差を示さなかつた。^(図1) 腐食性物質を含む環境下で特有と思われる、粒界三重点でのボイド、キャビティの発生さらには応力軸に対し垂直に粒界に沿って進展する割れ拡大の傾向は、超高真空中では見られずむしろ主応力軸に平行に拡大が見られた。^(図2) 3次クリープ開始以後の加速クリープ過程は、定常クリープ後、試験片加速変形部に動的再結晶を生じながら進行した。超高真空中クリープ試験後の表面形態は、通常の 10^{-6} Torr程度の高真空中で見られる内部酸化等が全く見られず、わずかな脱炭を認めるのみであつた。

② S/V 比の影響………数百時間内での超高真空中クリープでは、比表面積を大巾に変えた場合 (丸棒として直径約 8 mm から 2 mm まで) でもほとんど形状による影響は見られず、破断寿命、伸び等のクリープ性質は 10% 以内のばらつきの中にあり等しいとみることができた。

まとめ 腐食性環境で生ずる試験片形状の差によるクリープ挙動の差は、超高真空中では消失する。これは一般のクリープの多くが何らかの形で外界との反応の支配を受けていることを示し、 S/V を大きくとる事により環境効果を加速しうる。

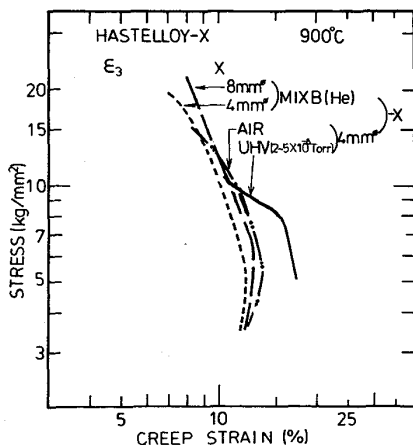


図 1. 均一伸びの応力依存性

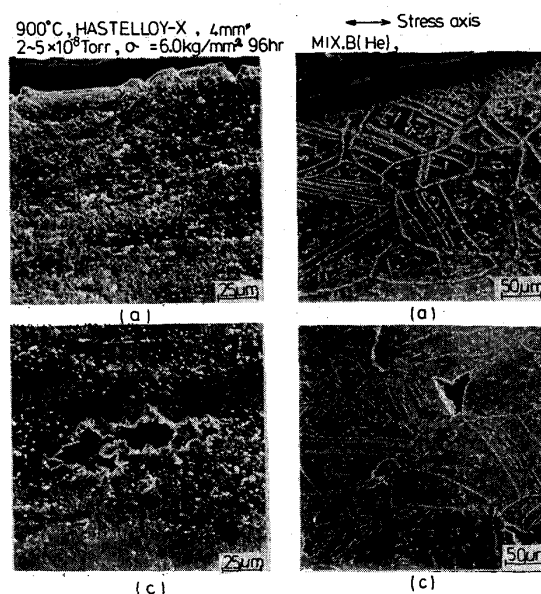


図 2. クリープ試験後組織の比較