

(501) ニッケル基耐熱合金の高温クリープ挙動と試験環境の関係

日本原子力研究所 ○木内 清, 辻 宏和, 近藤 達男

目的; Ni基耐熱合金の高温クリープ変形に及ぼす環境効果をハステロイ-Xを用いて調べた結果、クリープの各段階で異なる内容を持つことを知った。これまでに定常クリープ過程は、均一な拡散クリープと粒界すべり支配であって表面反応によってこれらが影響を受ける。一方、3次クリープ以後の過程も局部的な結晶組織の変化、結晶粒界を介した内部酸化および浸炭等に大きく影響されることを示唆した。すなわち前報では、定常クリープに及ぼす環境効果について検討し、環境効果が表面反応と変形との同時作用的なものであり、特定元素の優先酸化に伴うCr, Mnのカーケンドル拡散などの界面下固体反応との関係が深いことを指摘した。こうした変化は、環境側の反応物質のもつ酸素ポテンシャルと炭素ポテンシャルによって支配されると考えられるが、上記同時作用効果とは別に表面反応でもたらされる経年劣化効果の寄与も検討する必要がある。

そこで今回は、3次クリープ以後の過程に及ぼす環境効果として、内部酸化、浸炭による組織変化に注目して検討し、定常クリープ過程の場合との差異について考察した。さらに合金中の微量不純物の影響についても若干の検討を行った。

実験方法; 試験方法の詳細は、前報に述べた。供試材は、通常の規格内ハステロイ-XおよびTi入りハステロイ-X、ハステロイ-XRである。試験温度は900℃、500時間、雰囲気は、大気およびヘリウム冷却型原子炉近似ヘリウム(原研B型ヘリウム)である。試験片は、8mm²、4mm²の棒状および1.75×4mm²の板状の試験片を用いた。

結果; [3次クリープ以後の過程と雰囲気] 3次クリープ開始後の余寿命(図1)は、附加応力に依存する。10kg/mm²以上では、荷重、試験片形状、雰囲気によらないが、10kg/mm²以下の長時間側のクリープでは、これらの因子に関係する。大気は、大径の基準材と同傾向の余寿命-応力依存性を示すが、ヘリウム中では余寿命が低下し、この傾向は、比表面積の大きい程著しい。

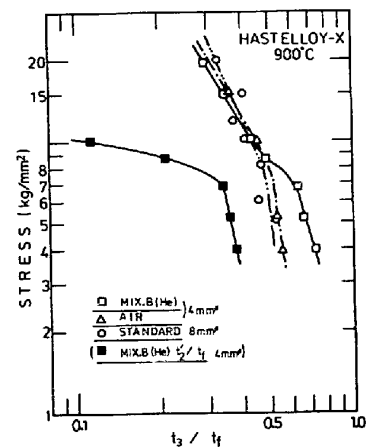


図1 応力と余寿命の関係

クリープ破断寿命短縮は、定常クリープの加速と、3次クリープ開始後の余寿命の低下の双方に依っており、短時間のクリープでは前者の寄与で大気の方が短縮するのに対し、長時間(低荷重)では、後者の寄与でヘリウムの方が短縮する。

[クリープ各段階の変位量と組織変化] 3次クリープ開始点のクリープ歪は、附加荷重に對し図2の関係にあり、環境、試験片形状、雰囲気によらない。一方最終破断歪は、基準材、大気に對しヘリウムで著しく低下し、環境依存性を示す。ヘリウムでは、3次クリープ開始後、内部酸化や結晶粒界を介した浸炭部などで組織変化が起り、これに歪集中による再結晶が伴って局部的なクリープ変形が起こる。これがやがてき裂となる過程が、クリープへの環境効果のうちの主要な1つと考えられた。

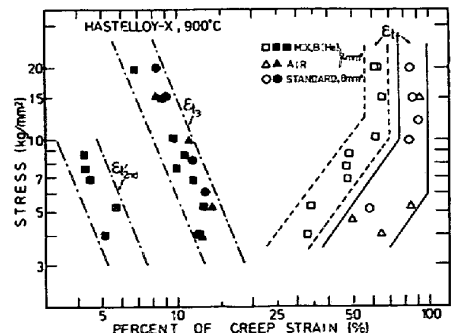


図2 応力とクリープ歪みの関係

*ヘリウム環境での耐食性を改善したハステロイ-X改良材 (Al, Ti < 0.02%, Mn > 0.5%)