

平成22年 / 月 18 日

機能材料工学専攻	学籍番号	955202
申請者氏名	高橋明宏	

指導教官氏名	小林俊郎 戸田裕之
--------	--------------

論文要旨(博士)

論文題目	Al-Li 系合金の微視的な破壊挙動の解明に関する研究
------	-----------------------------

Al-Li 系合金はその軽量性、高比弾性率、疲労および低温靱性の優位性から、航空・宇宙開発技術の先端材料として注目されている。極低温の靱化はき裂先端前方で発生する層状割れが原因とされており、既に宇宙ロケット用液体酸素および水素燃料タンクの実用が進められている。本系合金の短所は、室温で低延性と低破壊靱性を示すことである。加えて、不溶性介在物がアルミニウム合金の延性および靱性を低減せしめることが知られている。しかし、Al-Li 系合金の脆性介在物粒子が破壊特性に及ぼすの影響について、詳細な研究はほとんど行われていない。そこで本論文では、Al-Li 系合金のき裂先端前方周辺の微視的な破壊挙動の調査と層状割れの発生基準を明らかにすることを目的とした。

第 1 章では、粗大な第二相粒子を有する 2091Al-Li 系合金の微視的な破壊挙動を考察した。そこで、破壊靱性試験の SEM 内その場観察を行って検討した。ここでは、粗大な第二相粒子の損傷挙動を詳細に観察し、個々の粒子の内部応力を解析するため、HRR 特異性と Eshelby モデルを組み合わせて解析し、粒子の in-situ 破断強度を求めた。その結果、粒子径が大きくなるにつれて in-situ 破壊強度は低下することが明らかとなった。

第 2 章では、本系合金の第二相粒子体積率が、引張強度、延性、き裂発生抵抗靱性 J_{IC} およびき裂進展抵抗靱性 T_{mat} 等の力学的特性に及ぼす影響を考察した。また、マイクロクラックによるき裂先端の応力遮蔽効果を求めることによって、主き裂とマイクロクラックとの相互作用の影響を解析した。その結果、粒子体積率が増加するにつれて破壊靱性値は低下するという結果を得た。損傷を受けた粒子に主き裂が接近するにつれ、主き裂はマイクロクラックに向けて加速度的に進展することを力学的解析から明らかにした。

第 3 章では、2091Al-Li 系合金を供試材として、引張試験を各応力段階で中断したサンプルの超音波音速を測定し、どの程度の応力レベルで層状割れが発生するかを調査した。その結果、粒界のはく離基準として、粒界に垂直にかかる応力が液体ヘリウム温度で 116MPa、室温では 113MPa に達した時に層状割れが生じることを明らかにした。

第 4 章では、2091Al-Li 系合金を供試材として、室温で広いひずみ速度範囲(1.0×10^{-6} から $8.3 \times 10^2 s^{-1}$ まで)について、力学的特性のひずみ速度依存性を調査した。その結果、ひずみ速度が増加するにつれ降伏および引張強度は増加することが明らかとなった。また、すべてのひずみ速度で破壊形態を観察したところ、せん断的な様相を示す層状割れが発生したことを確認した。