

アルミニウム合金の時効組織と疲労亀裂との関係

工学部 機械システム工学科 エコマテリアル研究室 中川 恵友

Keywords: Al-4%Ge 合金, 時効, 析出物, 疲労亀裂, 結晶粒界

1. 研究目的

近年、地球温暖化対策から中強度の析出硬化型アルミニウム合金の大型輸送機器への利用が増加している。これに伴い、析出硬化型アルミニウム合金の繰返し負荷などの動的な変形挙動を明らかにし、高信頼性を実現することが重要である。一般に、析出硬化型アルミニウム合金は、引張強度などの静的な強度に比べて疲労強度は低い。また、高サイクル疲労の場合、材料の疲労寿命を左右するのは、疲労亀裂の発生に要するサイクル数であると考えられている。従って、疲労強度の向上をはかり、新たにアルミニウム合金の設計を行うためには、疲労亀裂の発生メカニズムを解明することが必要不可欠である。

本研究では、典型的な析出硬化型アルミニウム合金の Al-4%Ge 合金について、熱処理による微細組織変化と疲労強度との関係を調査し、疲労亀裂の発生メカニズムの確かな知見を得ることを目的とする。

2. 実験結果

図 1 は、Al-4%Ge 合金について、473K 時効での疲労 S-N 曲線を示す。時効時間(以下、 t_A と略記)の増加に伴い疲労強度は徐々に低下することが判った。図 2 は、試料表面部における粒界近傍の疲労亀裂発生の様式図を示す。(a) は変形前、(b) は変形後の状態を示す。粒界には析出物が多数形成しており、また、粒界近傍には PFZ (precipitates free zone: 無析出帯) が形成している。繰返し負荷により PFZ が優先的に変形し、特に、試料表面部の粒界にて析出物が脱離し微小亀裂が発生する。その後、微小亀裂は粒界に沿って伝播する。以上の結果から、疲労亀裂の発生・進展の挙動について次のようなモデルを考えた。① 試料表面部の粒界にて亀裂が発生する。② 粒界に沿った亀裂の伝播 ③ 粒内への亀裂の伝播 ④ 顕著なくびれを伴う最終延性破断、の順に亀裂は進行し破断に至ると考えられる。

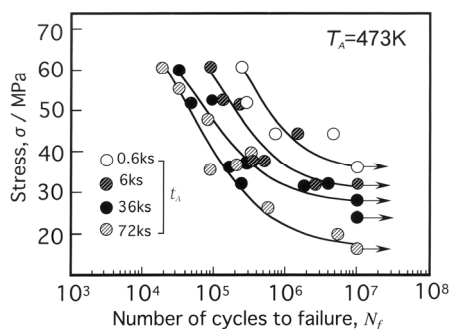


図 1. 473K 時効での各 t_A による S-N 曲線

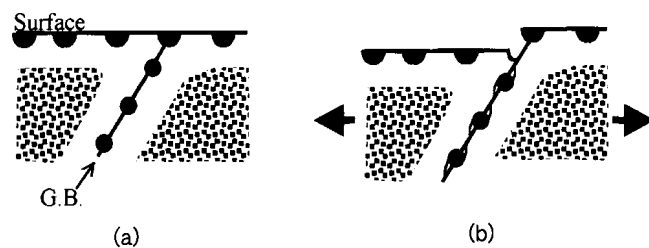


図 2. 疲労亀裂発生の様式図

3. 今後の検討点

本研究の結果をもとに、更に、各種析出硬化型アルミニウム合金の微細組織変化と疲労強度との関係を詳細に調査し、実用合金の高強度・高信頼性への有効な方法を探る。