

SiC ウィスカ(SiCw)強化 Al 合金の 弾塑性変形における相応力挙動

舟木克之* 鷹合滋樹* 藤井要* 佐々木敏彦** 広瀬幸雄**

研究の背景

セラミックス短繊維で強化した金属基複合材料(以下、短繊維 MMC)は高い比強度と耐摩耗性を持ち、押し出しや鍛造、圧延が可能のため、自動車や航空宇宙産業を中心に応用が期待されている。この材料は延性な母相に脆性な繊維を含みながら数%の破断伸びを示すなど、弾塑性的な挙動を呈して母相や繊維の相ひずみは短繊維 MMC の巨視的ひずみとは異なっている。そのため引張変形下の相ひずみを知ることは強化機構や破壊メカニズムを解析し、信頼性を向上させる上で興味深い。MMC 相ひずみについて広範囲な弾塑性域で評価した例は少ない。本研究では X 線応力測定により Al, SiC 相応力の弾性域および塑性域での相応力挙動を調べた。

研究内容

負荷ひずみと相応力の関係を右図に示す。図中には引張試験の応力-ひずみ曲線と複合則により求めた MMC のマクロ応力 σ_{ij}^0 も同時に示した。Al 相では 10MPa 程度の引張残留応力が存在し、相応力は $\sigma_{11}^A = 2800 \times 10^{-6}$ まで直線的に増加し、その後は塑性変形するため飽和した。塑性変形後では σ_{ij}^0 の増加勾配が引張試験のそれに比べて極端に小さく、MMC の塑性変形領域では繊維強化ではなく X 線相応力挙動として現れにくい Orowan mechanism のような分散強化機構が支配的である。

一方、SiC 相では MMC 製造過程や熱処理における Al 相との熱膨張のミスマッチにより 100MPa 以上の圧縮応力が残留する。また $\sigma_{11}^A = 800 \times 10^{-6}$ 以下の領域では相応力が一旦減少し、その後に σ_{ij}^0 の増加勾配よりもはるかに大きな勾配を伴って反転増加するという負荷ひずみに対して非線形な挙動を示した。この弾性域中での非線形な領域は Al 相には現れずに SiC 相のみの現象であり、母相の優先的な変形による MMC 内部に生じる不均一ひずみと 3 次元ランダムに配向した繊維が受けるポアソン効果によるものと推察された。

研究成果

本論文では引張変形下の SiCw 強化 Al 合金の相応力状態について検討し、以下のことを明らかにしている。

- (1) Fe-K 線を用いると Al400 と SiC311 より回折強度の強い単一ピークが得られる。この場合、プロファイルのすそ野部分に重なりを生じるが、関数近似による波形分離により各相応力を精度良く測定できる。
- (2) SiC 相では、 800×10^{-6} 以下の低ひずみ領域において平均相応力が一旦減少し、その後反転増加する。
- (3) 本 MMC の相応力変化は、球状介在物を多数含む二相材料に対する Eshelby / Mori-Tanaka モデルによる理論解とほぼ一致し、MMC 内部ではクラスタ単位で変形していると思われる。

論文投稿

材料 2007, Vol. 56, No. 11, p.1049-1054.

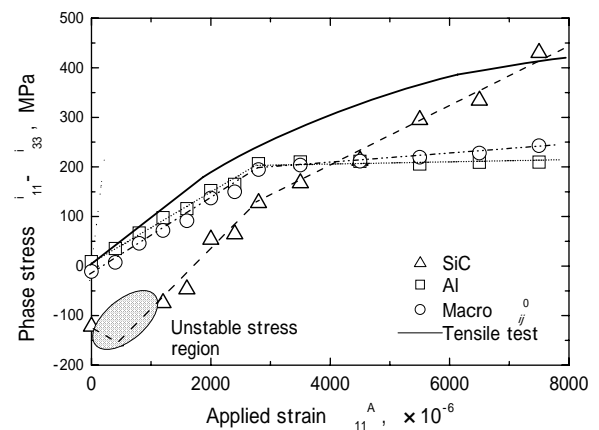


図 負荷ひずみに対する MMC の相応力挙動

*機械金属部 **金沢大学大学院自然科学研究科