

アルミ合金とアルミ複合材料との接合界面における界面特性の研究
Study on Interfacial Characteristics in Joint of Aluminum and Aluminum Matrix
Composites

荒居善雄^{1*}、村山誠哉²
Yoshio Arai¹, Seiya Murayama²

¹ 埼玉大学 工学部機械工学科
Department of Mechanical Engineering, Saitama University
² 曙ブレーキ工業(株)
Akebono brake Industry CO., LTD.

Abstract

To contribute to a better understanding of the fracture mechanisms and stress distributions of aluminum cast alloy locally reinforced by SiC particle and Al₂O₃ whisker hybrid MMC a symmetrical four-point bending test was precisely analyzed experimentally and numerically. The four-point bending test was performed on straight beam specimens of rectangular cross section in the MTS machine, using special bending fixtures. The fracture mechanism and the fracture path have been investigated on the fracture surfaces. Crack initiation location and fracture surface morphologies have also been investigated. The stress distribution of SiC particle/ Al₂O₃ whisker and homogeneous material joint have been calculated. Both the experimental results and the finite element simulation results show that the critical location for fracture is a region on MMC side near the interface.

1. 緒言

従来材料と比べて MMC の優れた特性は摩耗抵抗と比強度および比剛性が高いことである。MMC/Al接合材料の応力分布と破壊機構を良く理解することは、製品の安全性を確保する上で重要である。本研究の目的はハイブリッド MMC/アルミ合金接合部の応力分布と強度に及ぼす切欠き位置の効果を調べ、その破壊機構を明らかにすることである。

2. 試験方法

試験片はハイブリッド MMC と Al合金 の接合材である。ハイブリッド MMC は Al₂O₃ ウィスカーと SiC 粒子でアルミ合金を強化したものである。製作後、T7 処理を受けた素材から試験片を切り出した。

ハイブリッド MMC の構成材料の体積含有率と機械的性質を表 1 に、ハイブリッド MMC の機械的性質を表 2 に示す。図 1 に試験片の形状・寸法を示す。

試験片の界面から切欠きまでの距離を変えた切欠き試験片(シエブロン切欠き)と平滑試験片について 4 点曲げ試験を行ない、SEM を用いて破面観察を行った。

* 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 2 5 5
電話 : 048-858-3438 FAX : 048-856-2577
Email : yarai@mech.saitama-u.ac.jp

Table 1 Volume fraction and mechanical properties of contents of hybrid MMCs

	Al ₂ O ₃	SiC	Al
Volume fraction(%)	9	21	70
Young's modulus(GPa)	380	450	70
Poisson's ratio	0.27	0.17	0.33

Table2 Mechanical properties of joined materials

	MMCs	Al
Young's modulus,(GPa)	178	70
Poisson's ratio	0.3	0.33

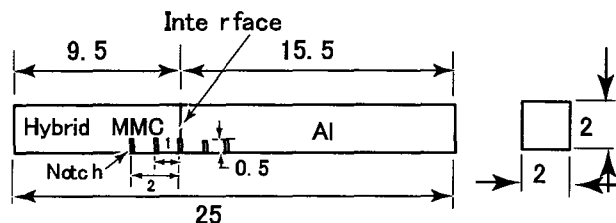


Fig.1. Specimen configurations(all dimension are in mm.).

3. 試験結果及び考察

切欠き試験片の公称曲げ応力と荷重点変位の関係を図 2 に示す。切欠きが巨視的な界面上および MMC 側にある場合には応力と変位の関係は直線的である。切欠きが Al 側にある場合には、応力の高い範囲で応力と変位の関係が非線形になる。

切欠きの位置と曲げ強度の関係を図 3 に示す。

図中の Nominal は公称応力による曲げ強度を、FEM は巨視的界面の両端の有限要素解析結果を示す。

切欠きが MMC 側と巨視的な界面上にある場合に強度が低く、Al 側にある場合に強度は高い。破壊経路を図 4 と表 3 に示す。全ての試験片は MMC 側で壊れた。切欠きが Al 側にある場合、き裂は切欠きから発生せず、巨視的な界面から MMC 側に 0.45 mm の位置で試験片が壊れた。

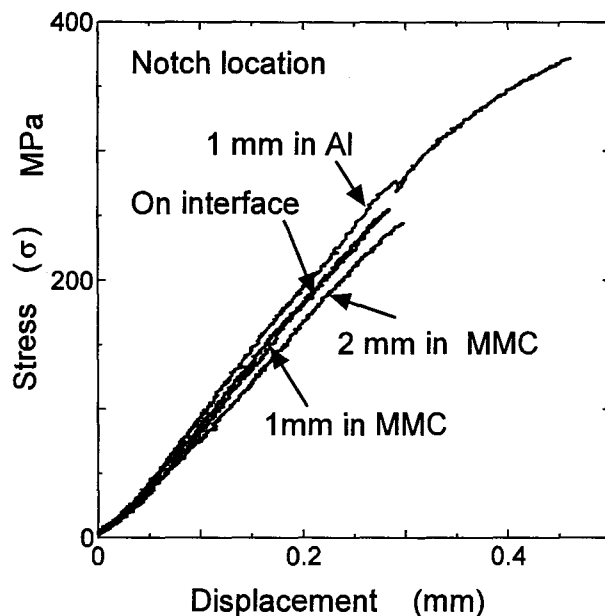


Fig. 2 Stress vs displacement relationship

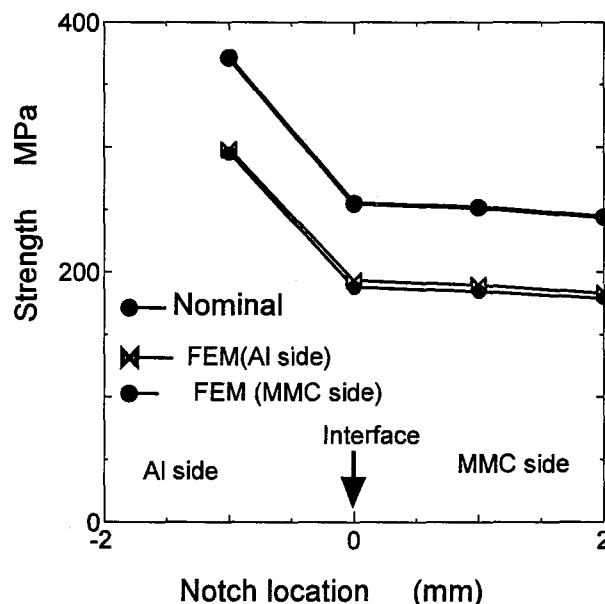


Fig. 3 Stress vs notch location curve.

Table3 Fracture path for notched specimen.

Notch location	σ_{max} (MPa)	Fracture path
2mm MMC side	245	MMC side
1mm MMC side	251	MMC side
Interface	256	MMC side
1mm Al side	373	MMC side

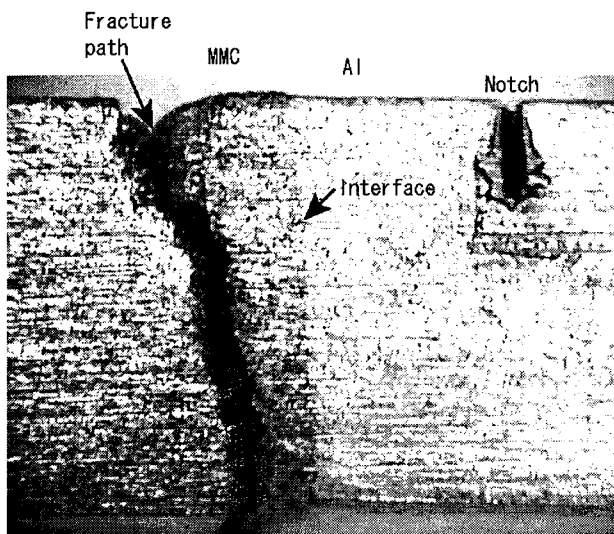


Fig. 4 Macroscopic view of fracture path.

4点曲げ試験の解析モデルを図5に示す。解析の第一段階として、両材料は均質とし、切欠きは考慮していない。応力解析結果を図6に示す。巨視的界面の近傍のMMC側で応力集中が発生している。

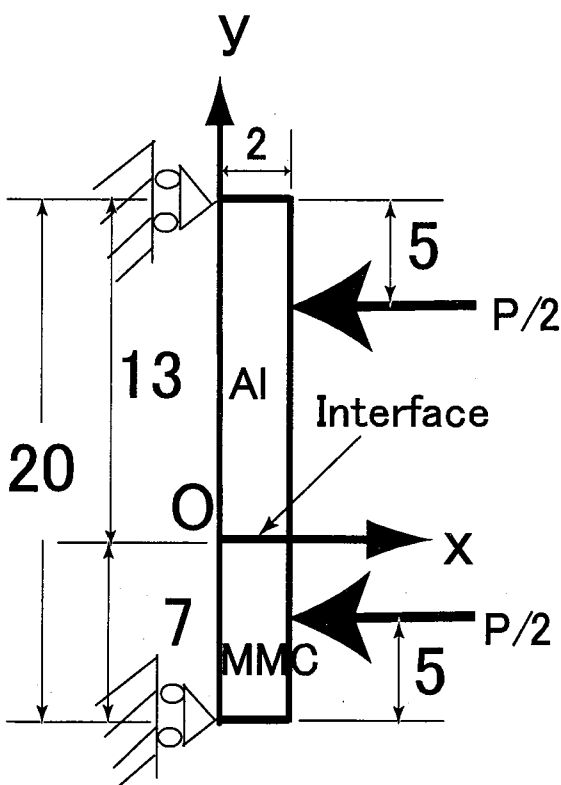


Fig.5 FEM Model.(all dimension are in mm.)

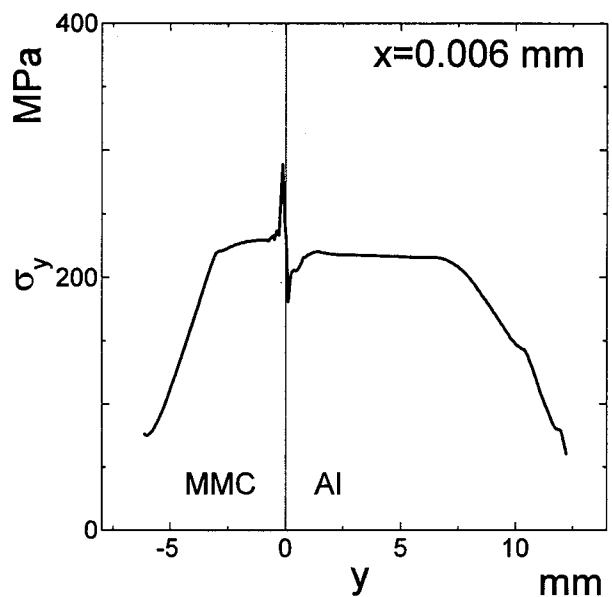


Fig.6 Stress distribution along y direction

4. 結論

局所的にハイブリッド MMC で強化された Al 鋳造合金の巨視的な界面部に垂直な外力を受ける場合、静的破壊はこの界面部近傍で生じるが、巨視的界面は破壊起点にはならないことが明らかになった。

均質な二つの材料の接合材としてモデル化した FEM 解析結果から、巨視的界面の近傍 MMC 側における応力集中の発生を明らかにしたが、破壊起点位置の定量的な予測までには至らなかった。

今後は、巨視的界面から約 0.5mm MMC 側に入った位置が破壊起点となったことについて、材料的要因と力学的要因を調べる必要がある。

参考文献

- (1) Fu, Shao-Yun and Lauke, Bernd, "Characterization of tensile behaviour of hybrid short glass fibre/calcite particle/ABS composites," Composites Part A, Vol. 29, pp. 575 - 583, 1998.
- (2) Jung, S. W., Lee, J. H., Nam, J. B., Nam, H. W. and Han, K. S., "Analysis of strengthening mechanism in hybrid short fiber/particle reinforced metal matrix composites," Key Engng. Mater., Vol. 183 - 187, pp. 1297 - 1302, 2000.