

マグネシウム合金に内在する粗大介在物粒子の損傷

都城工業高等専門学校 機械工学科 高橋明宏, 木之下巧
豊橋技術科学大学 機械工学系 三浦博己, 小林正和

1. 研究目的

casting時に出現する粗大な金属間化合物(IMC)粒子はしばしば実用材に残存し、その損傷は金属・合金の延性、じん性に大きな影響をもたらす。しかし Mg 合金に関して、 $\beta\text{-Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ を代表とする IMC 粒子損傷と破壊じん性に及ぼす影響の定量的な調査研究はほとんど行われていない。本研究では、展伸用 Mg 合金を用いて静的三点曲げ load-reload 試験の SEM 内その場(In-Situ)観察^{1),2)}を実施し、切欠きないしき裂先端周辺の破壊力学的応力場解析に基づいてマトリックス相および粗大 IMC 粒子の強度解析を試みる。今回、切欠き付き三点曲げ試験の SEM 内その場観察の実験結果と破壊力学的解析のための調査結果を中心に報告する。

2. 実験方法

市販の熱間押出製 AZ80Mg 合金の三点曲げ試験片に切欠き(先端半径 0.25mm)を導入し、静的負荷速度にて荷重を与えながら各荷重レベルにおける切欠き先端周辺の SEM 内その場観察を行った。この方法は、実験室にて微小サイズ試験片に荷重を負荷させ、その状態を維持したまま SEM チャンバー内に設置し切欠き先端周辺を観察し、実験室で新たに荷重を再負荷して SEM 観察することを繰り返すものである。

また、延性挙動を呈する Mg 合金に関して弾塑性破壊力学に基づく極座標(r, θ)系応力場解析のひとつである HRR 解^{3),4)}を用いることにした。HRR 解は式(1)で与えられ、本研究では HRR 解を入力するための様々な材料定数を引張試験(Ramberg-Osgood 構成式)等によって求めた(材料定数の詳細は文献^{3),4)}を参照)。

$$\sigma_{ij} = \sigma_0 \left(\frac{EJ}{\alpha \sigma_0^2 I_n r} \right)^{\frac{1}{n+1}} \bar{\sigma}_{ij}(n, \theta) \quad (1)$$

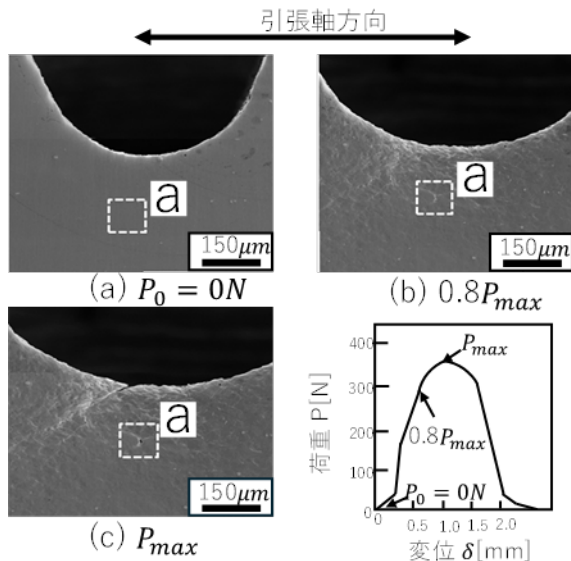


図1 SEM内その場観察結果および観察時の荷重－変位レベル

3. 実験結果および考察

図1は、その場観察結果および三点曲げ荷重－変位線図である。同図(a)から(c)はその場観察を実施した各荷重レベルでの切欠き先端周辺の観察結果を示したものである。 $\beta\text{-Mg}_{17}\text{Al}_{12}$ と考えられる介在物が観察されたが、今回の表面観察では図内『a』に示す領域にてマトリックス相からのマイクロクラック単体が $P=0.8P_{\max}$ にて認められた。今後、HRR 解を用いた破壊力学的解析に基づいてマイクロクラックの発生応力を求めたい。また、十分なき裂進展とき裂先端周辺の様々な損傷事象の特徴を明らかにしていきたい。

図2は、AZ80Mg 合金の引張試験から得られた真応力－真ひずみ曲線である。式(2)の Ramberg-Osgood 構成式に基づき、 $n=0.45$ 、 $\alpha=6.8$ が得られた。

$$\epsilon_{RO} = \epsilon_0 \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} + \alpha \frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^n \quad (2)$$

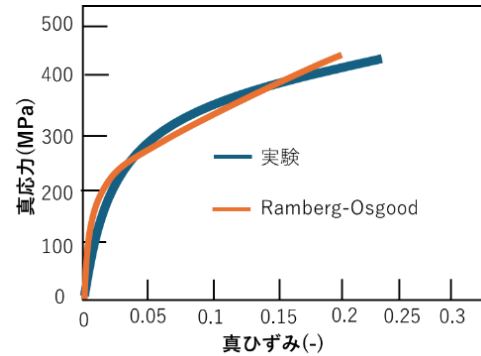


図2 AZ80Mg 合金の真応力－真ひずみ曲線および Ramberg-Osgood 構成式から導出した近似曲線

4. 結論

十分なき裂進展と詳細なき裂先端周辺の損傷状態の SEM 内その場観察が今後の課題である。

本研究の成果によって、同様な IMC 粒子が存在する Al-Mg 合金系の破壊じん性への影響度も考察できる可能性がある。そのため、合金系にとらわれず、粗大 IMC 粒子が破壊靱性値に及ぼす影響への統一的な理解が得られるであろう。さらにリサイクルが繰り返される二次合金に対して、添加元素の含有率増大がどこまで許容できるかの指針にも強く関連すると予想される。

参考文献

- 1) 高橋明宏, 小林俊郎, 戸田裕之, 軽金属, vol.49, 166-171, 1999.
- 2) A. Takahashi, T. Toyohiro, Y. Segawa, M. Kobayashi and H. Miura, Materials, 17, 440, 2024.
- 3) J. R. Rice and G. F. Rosengren, J. Mech. Phys. Solids, 16, 1-12, 1968.
- 4) J. W. Hutchinson, J. Mech. Phys. Solids, 16, 13-31, 1968.