

マグネシウム合金圧延材の疲労試験による AE 特性

日大生産工(院) ○河添 博六

日大生産工 小幡 義彦

1. まえがき

稼働中の機械の安全性を評価する検査法の一つとしてアコースティック・エミッション (AE) が期待されている。機械が故障する原因の多くは疲労破壊である。疲労き裂進展に伴い観察されるAE信号は、純チタンでは多く発生するのに対し鋼材ではその発生数は少ないなど材料依存性が大きいなど、疲労き裂におけるAE発生機構は十分な解明がなされていない。

本研究は、双晶変形が支配的で圧延による強度板面異方性が大きいAZ31マグネシウム合金圧延材を供試材として疲労き裂進展に伴うAE特性について検討した。疲労き裂進展に伴うAEは破壊による新生面生成が主要因と考えられているが、著者らの実験から塑性変形の要因も無視できない結果が得られている。双晶変形による活発なAE発生が期待される本供試材の疲労試験結果から、き裂進展に伴うAEの塑性変形による影響について検討した。

2. 実験方法

供試材はAZ31 マグネシウム合金で、き裂進展方向が圧延方向に平行な L 材およびそれと垂直な下 T 材の 2 種類の試験片に加工した。また、それぞれ 523K で 3 時間焼きなましを施した試験片も用意し、計 4 種類に対し疲労試験を行った。Fig.1 に疲労試験で使用した試験体の形状ならびに小型 AE センサ(PIKO)の取り付け位置を示す。疲労試験は油圧サーボ型疲労試験機、島津製作所製 EHF-FB5 を使用し、一定荷重振幅、応力比 $R=0.1$ 、繰り返し速度 1Hz の条件で行った。き裂進展長さは光学式測微鏡により、試験片の両側面から計測した。AE 計測しきい値は 40dB に設定した。また、AE 発生荷重位相をサイクルカウンターのアナログ出力から計測した。

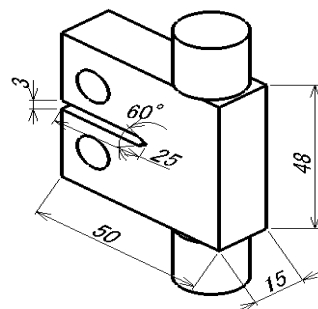


Fig.1 Specimen and set position of AE sensors

3. 実験結果および考察

3.1 非熱処理材のAE特性

Fig. 2 は、最大荷重1.2kNの条件で試験した非熱処理材のAE到達時間差(Δt)分布である。切り出し方向に依らず計測されたAEは $\Delta t=0$ を中心に分布し、機械摩擦雑音などが少ない結果となっている。

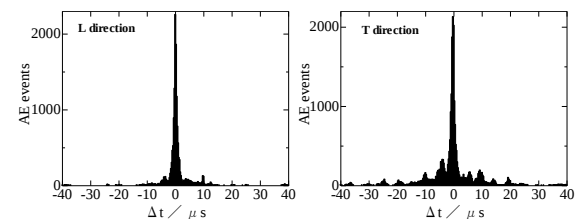


Fig.2 AE arrival time difference of non-heat treatment specimens

Fig.3は、非熱処理材の発生荷重位相分布図である。荷重位相が0 ~ 4Vの範囲で計測されたAEをOpening AE、4~6VのAEをPeak Load AE、6~10VのAEをClosure AEとする。両試験片ともAEがPeak Load AEが支配的であり、機械摩擦による信号は非常に少ない結果となった。また、Peak Load

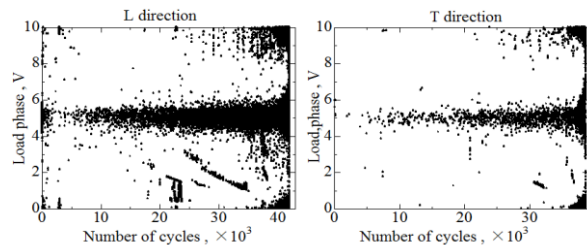


Fig.3 AE load phase distribution of non-heat treatment specimens

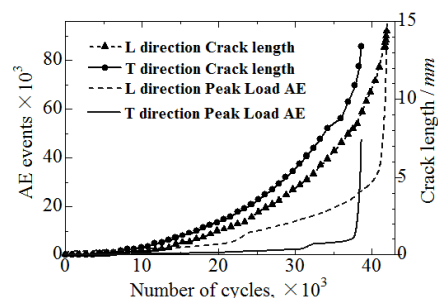


Fig.4 Cumulative AE events and crack propagation curve of non-heat treatment specimens

Acoustic Emission Characteristics from Magnesium Alloy Rolled Material during Fatigue Crack Propagation

Hiromu KAWAZOE and Yoshihiko OBATA

AEは、疲労の進行に伴い増加する傾向が明確で、き裂進展をAEが確実に検出していると考えられる。

Fig.4は、非熱処理材のAE累積事象数とき裂進展長さを繰り返し数に対してプロットしたものである。疲労破断直前にAEが飛躍的に発生する領域以外は、き裂進展量とAE累積数は比例する結果となった。また、L方向試験片が多く発生していることも確認できる。

3.2 熱処理材のAE特性

Fig.5は、焼きなましを施したL方向試験片のAE発生荷重位相分布である。非熱処理材に比べ多くのAEが計測された。特に破断直前の領域では、AE計測装置の記録速度を超える多くのAE信号が発生したと考えられる。この結果は、焼きなましにより延性が増加し塑性変形しやすくなったと考えられる。

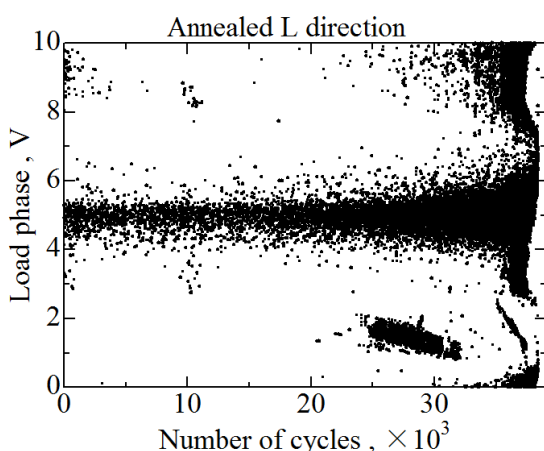


Fig.5 AE load phase distribution of annealed specimens

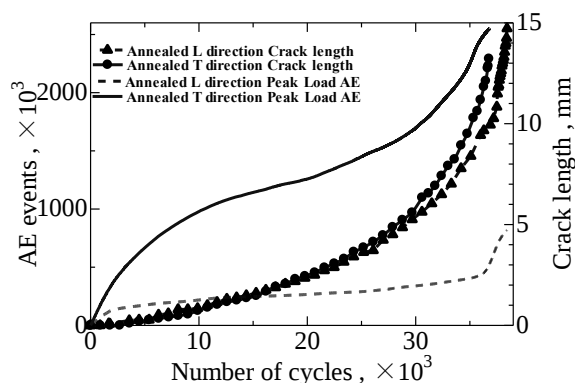


Fig.6 Cumulative AE events and crack propagation curve of annealed specimens

Fig.6は、焼き鈍し材のAE累積事象数とき裂進展長さを繰り返し数に対してプロットしたものである。非熱処理材に比べ、非常に多くのAEが計測されている。一般的に、高強度材料ほどき裂が進展しやすいといわれている。しかし、今回の結果は熱処理を施した低強度材料の方が多くのAEが計測されている。したがって、AZ31マグネシウム合金では、疲労き裂進展に伴い発生するAEはき裂進展による要因よりは

塑性変形(双晶変形)に起因する信号が支配的であったと考えられる。また、T方向試験片よりL方向試験片が多く発生し、非熱処理材の結果と同様であった。これは焼き焼き鈍しによりT方向の強度が低下し、顕著に延性が増加したためだと考えられる。

3.3 引張試験におけるAE特性

Fig.7に引張試験によるAEの発生特性を示す。AEは塑性変形が発生した時、最も活発になり、降伏域でAEピークが発生した。その後、加工硬化とともに減少していき破断の瞬間にまた増加する形となった。本材料の塑性変形に伴うAE活動度は非常に活発であり、疲労試験で計測されたAEの多くは、き裂先端部の局所的領域での塑性変形がその発生原因であることが示唆される。

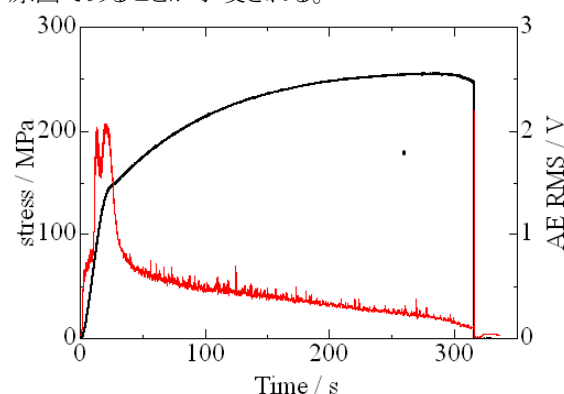


Fig.7 Stress and AE RMS value of tensile test

4. まとめ

- 1) AE到着時間差、荷重位相分布図によりき裂進展に伴うAE信号を多く計測できた。
- 2) 疲労き裂進展に伴うAE信号は、T方向よりL方向試験片が多く発生する結果となった。
- 3) 焼き鈍し材は、非熱処理材より多くのAEが発生する結果が得られた。
- 4) 引張試験においてAEを計測した結果、非常に活発であることが確認された。
- 5) 以上の結果より、AZ31マグネシウム合金板の疲労き裂進展に伴い計測されるAEは、き裂先端部の局所的な領域での塑性変形が主要原因であることが考えられる。

「参考文献」

- 1) 仲佐 博祐:アコースティック・エミッションの理論と実際、地人書館(1994)
- 2) 社団法人 日本非破壊検査協会、「アコースティック・エミッション」、社団法人 日本非破壊検査協会、(1990)、pp. 32-33
- 3) 楊統躍、三浦博己、酒井拓、高温加工マグネシウム合金AZ31の等時間焼きなまし特性、日本金属学会誌、第68巻、第11号(2004) pp.946-951