

The 11th International Conference on Magnesium Alloys and Their Applications (Mg2018)

熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター
教授 安藤 新二

(平成 29 年度 国際会議等参加助成 AF-2017065)

キーワード：疲労試験，曲げ試験，結晶方位依存性

1. 開催日時

2018 年 7 月 24 日～7 月 27 日

2. 開催場所

Beaumont Estate, Old Windsor, United Kingdom

3. 国際会議報告

3・1 会議の概要

この会議はマグネシウム合金とその応用に関する国際会議であり，今回は英国 Brunel 大学の主催により開催された．この国際会議は 1986 年に英国から始まったものであり，3 年ごとに世界各地で開催されている．前回は 2015 年に韓国済州島で行われたものである．

今回は，全体で 220 件以上の研究発表があり，参加国は，英国を始め，ドイツ，アメリカ，カナダ，オーストラリア，中国，韓国，スペイン，チェコ，ポーランド，アイルランド，インド，イスラエル，トルコ，ブラジルであり，日本からは 18 件の発表があった．

3・2 発表概要-マグネシウムの疲労試験-

今回は博士前期課程の学生を 1 名同行し，2 件の研究発表を行った．まず筆者は，Fatigue Fracture Behavior of Magnesium Single Crystals in Plane Bending Method (平面曲げ試験によるマグネシウム単結晶の疲労破壊特性) というタイトルで口頭発表を行った．

マグネシウム合金は軽量であることから，近年，自動車や飛行機の材料として注目されている．そのような使用において材料の疲労破壊特性を明らかにすることは重要なことである．この疲労破壊ではき裂先端での塑性変形機構が大きな影響を与えることがわかっている．マグネシウムには多数のすべり系や双晶系が存在するため変形機構に強い方位依存性が生じることから，疲労破壊挙動にも強い結晶方位依存性が現れると考えられる．その機構を明らかにするために，単結晶を用いた疲労試験を行い，結晶方位による疲労破壊機構の違いを明らかにすることを目的とした．

実験は筆者らが考案した薄片曲げ疲労試験機¹⁾を用いた．寸法 $3 \times 0.3 \times 20\text{mm}$ の単結晶に直径 0.5mm の円孔を開け，これをスピーカーのボイスコイルに取り付けて共振させることで平面曲げ試験を行った．純 Mg および Mg-0.75Y

合金単結晶をブリッジマン法で育成し，図 1 に示す A-E の 5 種類の試験片を作製した．

得られた S-N プロットを図 2 に示す．純 Mg では結晶方位により疲労寿命が大きく異なり，き裂が底面に平行に進展する方位では寿命が最も短く，逆に底面に垂直に進展する方位が，寿命が長いことがわかった．Mg-0.75Y 合金の B 試験片は，図 2(b) のように，純 Mg に比べて約 2 倍の疲労強度を示し，イットリウム添加は著しく疲労特性を改善することがわかった．

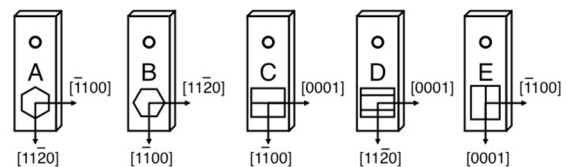


図 1 疲労試験片の結晶方位

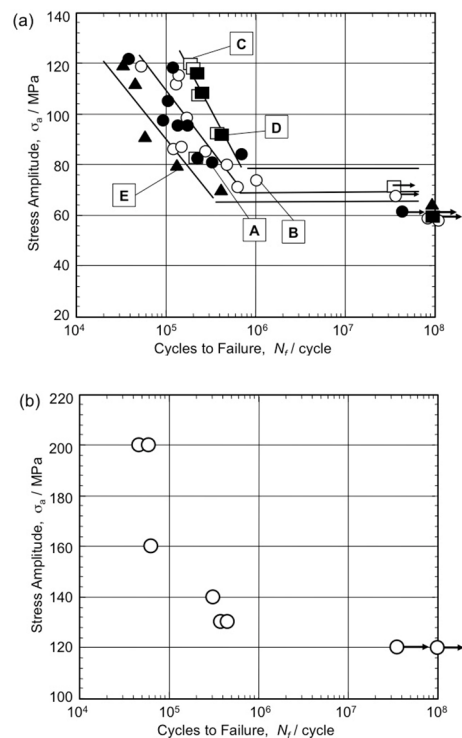


図 2 (a) 純マグネシウムおよび(b) Mg-0.75Y 合金 B 試料の S-N プロット．

走査型電子顕微鏡による破面観察の結果、AおよびB試料では、き裂進展方向に平行なすじ模様が観察されることから、 $\{11\bar{2}\}\langle\bar{1}123\rangle$ 2次錐面すべりのスリップオフによる疲労き裂進展機構が活動したと考えられる。マグネシウムにイットリウムを添加すると2次錐面すべりの降伏応力が大きく上昇する²⁾ということから、き裂進展に必要なすべりの活動応力が上昇したため、疲労特性が向上したと考えられる。

3・3 発表概要-マグネシウムの3点曲げ試験-

同行した大学院生は、Orientation dependence on Bending Deformation in Rolled Magnesium sheets (圧延マグネシウム板材の曲げ変形における結晶方位依存性)というタイトルでポスター発表を行った。

マグネシウムには多数のすべり系や双晶系が存在するが、その中で主な変形機構は $\{0001\}\langle 11\bar{2}0\rangle$ 底面すべりおよび $\{10\bar{1}2\}$ 双晶である。しかし、底面に垂直および平行な引張や圧縮では底面すべりは活動できず、底面に垂直な圧縮や平行な引張では $\{10\bar{1}2\}$ 双晶は活動できない。ここで曲げ変形では、1つの試験片に引張と圧縮の2つの応力が同時に作用するため、マグネシウムにおける変形挙動はより複雑になると考えられる。そこで、単結晶試験片を用いた3点曲げ試験を行った結果、方位により底面すべりおよび双晶により異なる変形挙動が観察された³⁾。ここでマグネシウムは圧延を行うと強い底面集合組織を持つことから、一般的な多結晶圧延材の曲げ変形でも、圧延方向に対する変形の異方性が現れると予想される。そこで純マグネシウムの圧延材の曲げ変形挙動について調査した。

熱間圧延と焼鈍により、粒径 $47.7\mu\text{m}$ の圧延材を作製した。圧延材は $\{0001\}\langle 11\bar{2}0\rangle$ 集合組織を持っており、これより図3に示す多結晶試験片を作製した。RD, ND, TDはそれぞれ圧延方向、圧延面垂直方向、幅方向である。試験片寸法は $3\text{x}3\text{x}25\text{mm}$ とし、スパン $L=14\text{mm}$ で3点曲げ試験を行った。

図4に3点曲げ応力-変位曲線を示す。降伏応力はいずれも100MPa程度で方位による差はないが、TN, RN試験片は、RT, TR試験片より大きな加工硬化を示した。表面観察の結果、前者では圧縮側がほぼ双晶変形のみで変形しており、その領域は中立面を超えて分布していた。これに対しRT, TR試験片では、双晶に加えて多くの結晶で底面すべりが生じていた。これは曲げ変形において、単結晶の曲げ試験と同様に、底面に平行なせん断力が生じたために底面すべりが活動したと考えられる。その結果、TN, RN試験片では3点曲げによりV字型に変形したが、RT, TR試験片では「ひの字型」に変形し、他の金属では見られない挙動を示した。これらの曲げ変形挙動は、圧延集合組織に対応する方位の単結晶の変形挙動³⁾とよく似ていることが分かった。

図5に曲げ変形におけるスプリングバックの挙動を示す。いずれの試験片においても同様に、最初は曲げ変位の増加に伴いスプリングバック角 θ も増加したが、変位

1.0mm以上では θ が一定になる傾向を示すことがわかった。この現象もマグネシウム特有の現象と思われるが、その原因については今後の検討が必要であるといえる。

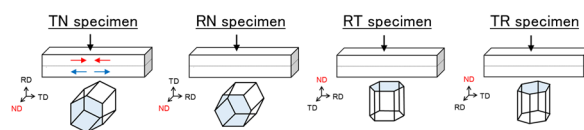


図3 純マグネシウム圧延材の3点曲げ試験片

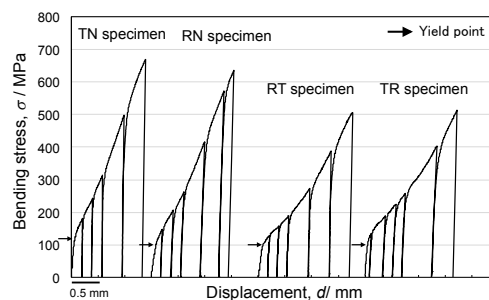


図4 純マグネシウム圧延材の3点曲げ応力-変位曲線

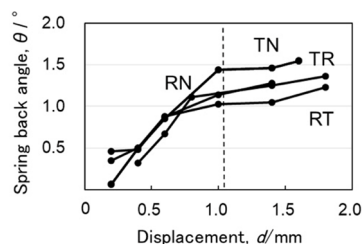


図5 曲げ変位に対するスプリングバック角の変化

図6は、同行した大学院生のポスター発表の様子である。海外の研究者と英語での議論は、学生にとって良い経験になったといえる。

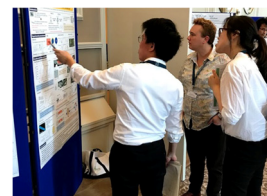


図6 学生のポスター発表

謝辞

本会議で発表した内容の一部は、天田財団平成26年度一般研究開発助成(AF-2015037)により実施したものである。本国際会議等参加助成と合わせて、深い感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 津志田雅之, 池田良介, 北原弘基, 安藤新二: 材料, 58(2009), 703.
- 2) 力久弘章, 森貴志, 津志田雅之, 北原弘基, 安藤新二: 日本金属学会誌, 81(2017), 458.
- 3) 北原弘基, 津志田雅之, 安藤新二: 日本金属学会誌, 80(2016), 102.