

THERMEC' 2018 (The 10th International Conference on Processing & Manufacturing of Advanced Materials)

富山県立大学 工学部 機械システム工学科
准教授 伊藤 勉
(平成 29 年度 国際会議等参加助成 AF-2017054)

キーワード：超塑性的挙動，粒成長，変形機構遷移

1. 開催日時

2018 年 7 月 8 日 (日) ~13 日 (金)

2. 開催場所

Cité des Sciences et de l'Industrie, Paris, France

3. 国際会議報告

3・1 会議概要

本会議は 1988 年に日本で開催したのを最初に、その後、9 年間の空白期間があったが、Australia (1997), USA (2000), Spain (2003), Vancouver, Canada (2006), Berlin, Germany (2009), Quebec City, Canada (2011), Las Vegas, USA (2013), Austria (2016) と約 3 年毎に開催されてきた。本会議は、世界中の研究者が先進材料の加工と製造に関する最近の進歩を議論する場として位置づけられており、鉄系材料、非鉄材料、生体材料、燃料電池、水素貯蔵技術、ナノ材料、複合材料、金属材料、金属ガラス、その他先進材料の加工、製造、構造、特性評価に関する多くの研究成果が報告された。本会議の参加者数は約 1640 人であった。その内訳は、第 1 位はフランス、第 2 位は日本、第 3 位は中国であった。

開催されたセッションの内訳は、

1. Advanced Steel & TMP Micro-alloyed Steels
2. Composites
3. High & Ultra-high Temperature Materials
4. Smart/Intelligent Materials
5. Neutron and X-Ray Studies of Materials
6. Aluminum Alloys
7. Advanced Protective Coatings & Surface Engineering
8. Ti Alloys & Aerospace Structural Metallic Materials
9. Fuel Cells, H₂ Storage Technologies, Batteries, Supercapacitors
10. Additive Manufacturing – Non Beam & Solid State Topic
11. Additive Manufacturing – Beam Topics
12. Interfaces, Grain Boundaries & Structural Characterization
13. Integrated Computational Grain Boundary Engineering
14. Advanced Materials for Bioengineering Applications
15. Metallic Glasses & Metallic Amorphous Materials

16. Materials Under Extreme Conditions
17. Materials & Technologies for Fusion
18. Welding & Joining of Advanced Materials
19. High Entropy Alloys
20. Nanomaterials for Structural & Energy Applications
21. Prof. L. S. Toth Honorary Symposium
22. Ultra-Fine Grained Materials
23. Mg Alloys
24. Modelling & Simulation
25. Biomimetic Materials, Nanostructured Biomaterials, Medical Devices
26. Cold Spray Symposium
27. Materials Performance

と多岐に渡り、この他に The French Alternative Energies and Atomic Energy Commission (CEA) との共同開催で Cold Spray シンポジウム、および学生・一般のポスターセッションが開催された。各セッションの中でも、High Entropy Alloy や Additive Manufacturing がやはり世界的にも注目されているようである。また、本会議に関する Proceedings が Materials Science Forum (Trans Tech Publication) から出版予定である。

3・2 発表概要

報告者は、本会議において“Superplastic-Like Elongation by Transition of Deformation Mechanism from Grain Boundary Sliding to Solute Drag Creep in Fine-Grained Al-Mg Solid Solution Alloy”と題した口頭発表を行った。

超塑性とは、結晶粒径が 10 μm 以下の等軸・微細組織を有する材料において、融点の半分以上の温度域、適切な変形速度で変形させることで粒界すべり (Grain Boundary Sliding: GBS) を主たる変形機構として巨大な伸びを示す現象であることが知られている。

本発表では、等軸微細組織を有する Al-Mg 合金を得るために、摩擦攪拌処理³⁾ (Friction Stir Processing: FSP) を 5083-O アルミニウム合金に施した。FSP により平均結晶粒径が 7.4 μm、結晶粒径のアスペクト比 (Grain Aspect Ratio: GAR) が 1.1 の等軸微細組織が得られた。ただし、本合金のマイクロ組織は熱的に不安定であり、673~773 K の温度範囲において粒成長しやすいことが静的焼鈍試験により明らかになった。

この様な熱的に不安定な等軸微細組織を有する Al-Mg 合金の高温変形特性を調査するため、温度範囲 623~803 K、初期ひずみ速度範囲 $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ において高温引張試験を実施した。その結果、幅広い試験条件（温度と初期ひずみ速度）において破断伸び 200 %以上の巨大伸びが得ることが分かった。この様な巨大伸びが得られる高温変形機構を議論するために、公称ひずみ 10 %における変形応力（真応力）を用いてひずみ速度感受性指数（Strain Rate Sensitivity: m 値）と変形の活性化エネルギーを算出した。その結果、中間のひずみ速度域での m 値は、超塑性の主たる変形機構である粒界すべりの m 値 (0.5) と良く一致し、さらに変形の活性化エネルギーは Al 中の Mg の相互拡散の活性化エネルギー (126 kJ/mol) と良く一致することが分かった。従って、本合金で得られる巨大伸びの主たる変形機構は、Al 中の Mg の相互拡散に律速された粒界すべりによるものと考えられた。

一方、高温変形中の変形組織の観察から、ひずみの増加とともに粒成長が生じていることが認められた。具体的に、公称ひずみ 50 %までは粒成長が生じるものの等軸組織を維持していることから、このひずみ量までは粒界すべりが主たる変形機構となっていると考えられた。しかし、公称ひずみが 50 %を超えると、結晶粒が応力軸方向に伸長した変形組織が観察された。この様な変形組織は、発表者らが報告する Class I 固溶体における粒内変形支配の超塑性的挙動で観察されるものと良く一致する³⁾。Al-Mg 合金は Class I 固溶体の代表的な合金であることから、熱的に不安定な微細結晶粒から成る Al-Mg 合金では、変形初期の主たる変形機構が粒界すべりであっても、変形中の粒成長により粒界すべりの継続が困難になると、Class I 固溶体で観測される粒内変形 (solute drag クリープ) に変形機構が遷移することで超塑性的巨大伸びが発

言することが示唆された。発表後の質疑では、変形機構領域図に関し有意義な議論が行われた。



図1 会場となった Cité des Sciences et de l'Industrie (シテ産業科学博物館)。スイス生まれの建築家・都市計画家・建築評論家の Bernard Tschumi 氏によるデザインで非常に立体的な構造となっている。

謝辞

本国際会議への参加にあたり、公益財団法人天田財団平成 29 年度国際会議等参加助成のご支援をいただきました。ここに厚く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) T. G. Nieh, J. Wadsworth, and O. D. Sherby: Superplasticity in Metals and Ceramics, (1997), 22, Cambridge University Press.
- 2) R. S. Mishra, and Y. Z. Ma: Mater. Sci. Eng. R, 50-(1-2) (2005), 1.
- 3) 伊藤勉, 大塚正久: までりあ, 43-11 (2004), 931.