6th International Conference on Nanojoining and Microjoining

群馬工業高等専門学校　機械工学科
教授　山内　啓
（2025 年度 国際会議等参加助成 AF-2025049-X1）

キーワード：超塑性変形，Sn-Bi 合金，低融点はんだ，塑性変形メカニズム

１．開催日時

2025 年 11 月 17 日～2025 年 11 月 21 日

２．開催場所

韓国・栄州(Yeongju)

３．国際会議報告

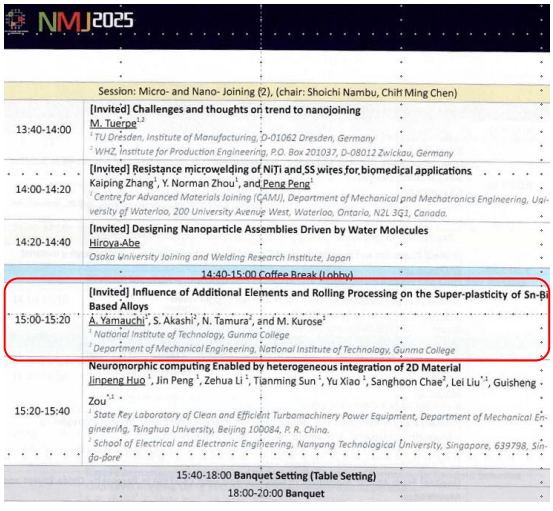
３・１　会議概要

International Conference on Nanojoining and Microjoining は，溶接や接合技術に関する国際会議であり，2012 年に 1 回目を中国北京で，コロナ禍で 2020 年をスキップして，2023 年に 5 回目をドイツライプツィッヒで行い，今回が 6 回目の開催である．日本でも 2018 年に奈良で開催されている．今回は、Advanced Semiconductor and Display Packaging, Laser Joining，Laser Joining & Power Device，Micro- and Nano-joining, Battery & Power Device, Advanced Joining and Welding，3D Semiconductor Packaging and Hybrid Bonding, Thin film interface and Reliability, Specialized Joining のオーラルセッションと Poster セッションから構成されていた．

３・２　発表概要

今回の発表は，大阪大学の福本先生より依頼されて『Influence of Additional Elements and Rolling Processing on the Superplasticity of Sn-Bi Based Alloys』と題した講演を行った．3 日目午後の Invited speaker として発表した．内容は以下の通りである．

表　3 日目午後のプログラム



NMJ2025

Session: Micro- and Nano- Joining (2), (chair: Shoichi Nambu, Chih Ming Chen)

13:40-14:00 **[Invited] Challenges and thoughts on trend to nanojoining**
M. Tuerpe[1,2]
[1] TU Dresden, Institute of Manufacturing, D-01062 Dresden, Germany
[2] WHZ, Institute for Production Engineering, P.O. Box 201037, D-08012 Zwickau, Germany

14:00-14:20 **[Invited] Resistance microwelding of NiTi and SS wires for biomedical applications**
Kaiping Zhang[1], Y. Norman Zhou[1], and Peng Peng[1]
[1] Centre for Advanced Materials Joining (CAMJ), Department of Mechanical and Mechatronics Engineering, University of Waterloo, 200 University Avenue West, Waterloo, Ontario, N2L 3G1, Canada.

14:20-14:40 **[Invited] Designing Nanoparticle Assemblies Driven by Water Molecules**
Hiroya Abe
Osaka University Joining and Welding Research Institute, Japan

14:40-15:00 Coffee Break (Lobby)

15:00-15:20 **[Invited] Influence of Additional Elements and Rolling Processing on the Super-plasticity of Sn-Bi Based Alloys**
A. Yamauchi[1], S. Akashi[2], N. Tamura[2], and M. Kurose[2]
[1] National Institute of Technology, Gunma College
[2] Department of Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Gunma College

15:20-15:40 **Neuromorphic computing Enabled by heterogeneous integration of 2D Material**
Jinpeng Huo[1], Jin Peng[1], Zehua Li[1], Tianming Sun[1], Yu Xiao[1], Sanghoon Chae[2], Lei Liu[*1], Guisheng Zou[*1]
[1] State Key Laboratory of Clean and Efficient Turbomachinery Power Equipment, Department of Mechanical Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, P. R. China.
[2] School of Electrical and Electronic Engineering, Nanyang Technological University, Singapore, 639798, Singapore

15:40-18:00 **Banquet Setting (Table Setting)**
18:00-20:00 **Banquet**

低温接合は，カーボンニュートラルへの達成に向けた取り組みの中，CO_2 削減やエネルギーコストなどの観点から期待されている技術である．様々な方法が検討されているが，低温系はんだとして代表される Sn-Bi は，融点が低く（139℃），機械的強度が高く，鉛フリーはんだ以前からの使用実績もある．しかし，耐衝撃性に劣るため，機械的特性の改善は，ウエアラブルデバイスやポータブル電子機器などに広く利用する際には必要不可欠である．本研究では，Sn-Bi 合金の超塑性変形に着目し，その機械的特性の改善を検討している．Sn-Bi 合金の超塑性変形挙動に及ぼす Bi 濃度の影響を調べるとともに，添加元素の影響，超塑性変形メカニズムについて金属組織的な観点から検討した．さらに，超塑性変形に及ぼす圧延の影響についても検討した．

供試材は Sn-35mass％Bi-0.1mass％Zn，Sn-35mass％Bi-1mass%Sb，Sn-37.5mass%Bi-0.1mass%Zn，Sn-37.5mass%Bi-1mass%Sb および Sn-40mass%Bi-0.1mass%Cu，Sn-40mass%Bi-0.01mass%Ni を用いた(以降，mass%を省略)．純 Sn，Sn-58 Bi，Sn-9 Zn，および Sn-5Sb 合金を秤量し，350℃（Ni 添加の場合 400℃）に保持した電気炉内で融解させた後鋳造した．その際，Al 鋳型で鋳造を行った．鋳造したものをフライス加工・放電加工により ISO20032 に基づいた R 型試験片を作製した．引張試験機は AUTOGRAPH を使用し，試験時に熱電対を用いて試験片表面の温度および治具の温度測定を行った．温度 25，40，60，80℃，クロスヘッドスピード 18，1.8，0.18mm/min の 3 条件で引張試験を行った．その結果を基に，真応力と真ひずみ速度を両対数プロットし，その傾きからひずみ速度感受性指数を求めた．引張試験前後の試料を樹脂埋め・湿式研磨・バフ研磨・コロイダルシリカによる精研磨したのちに，デジタルマイクロスコープ・走査電子顕微鏡(SEM)・EPMA・FE-SEM-EBSD により組織観察・元素分析・結晶方位解析を行った．

図 1 は Sn-35Bi-0.1Zn 合金の各温度における m 値測定結果を示す．温度の増加とともに m 値が増加していることがわかる．Sn-40Bi 合金や Sn-37.5Bi 合金と比べて、m 値は減少傾向にあった．これは、Bi 濃度によって，Sn 初晶と Sn-Bi 共晶組織の割合が変化するためと考えられる．超塑性変形には，少なからず Sn-Bi 共晶組織が強く影響するといえる．

図 2 は Sn-35Bi-0.1Zn 合金の応力－時間曲線とその際に得られた組織の経時変化を示したものである．超塑性変形では，最大引張強度を超えると，初晶 Sn のデンドライト

組織が変形によって消失する．また Sn 相と Bi 相いずれも回復・再結晶・粗大化が高温かつ動的に生じているため，Bi 相が粗大化しているように見受けられる．EBSD 測定の結果からは，引張試験前に比べると，初晶 Sn および Sn-Bi 共晶組織いずれも結晶粒自体は微細化している．これは，Sn 相や Sn/Bi 相界面で添加元素がピン止めやすべり変形の助長などを起こすことで現れた結果と考えている．今後，引張変形中の組織観察および EBSD 解析を進めていき，超塑性変形中の Sn 初晶と Sn-Bi 共晶組織の役割を明確にしていき，Sn-Bi 合金の超塑性変形メカニズムの学術理解を深めていきたい．

発表後には，超塑性変形メカニズムや添加元素濃度に関する質問を受け，セッション後に Sn-Bi 合金の超塑性変形と実用化への可能性についてディスカッションすることができ，非常に有意義な時間を過ごすことができた．

謝　辞

今回の国際会議への参加に際して，公益財団法人天田財団より 2025 年度国際会議等参加助成を賜りました．2024 年度から援助していただいている一般研究開発助成（AF-2024027-B3）で得られた知見を無事国際会議の場で発表することができました．ここに深く感謝申し上げます．

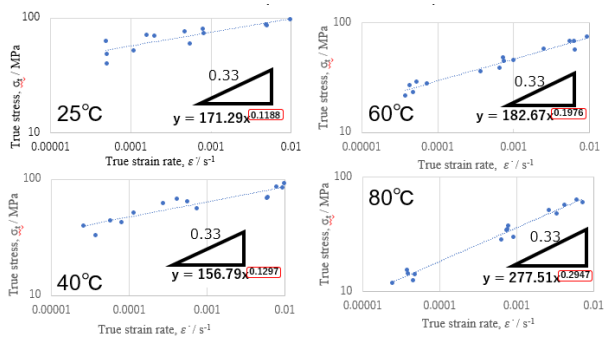


図 1　Sn-35Bi-0.1Zn における各温度のm値

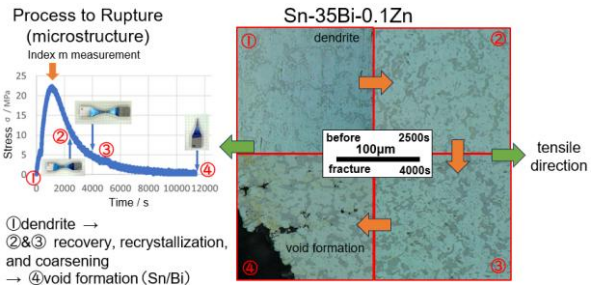


図 2　Sn-35Bi-0.1Zn における組織の経時変化



図 3　国際会議初日における参加者の集合写真



図 4　学会プログラム概要と会場入口の様子



図 5　学会最終日クロージングセレモニーの様子