令和６年度　ILM共同利用・共同研究報告書

2025年 4月22日

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 研究代表者 | 所属機関 | 名古屋工業大学 |
| 職名 | 助教 |
| 氏名 | 徳永　透子 |
| 共同研究者（対応者） | 所属機関 | 熊本大学 |
| 職名 | 教授 |
| 氏名 | 山崎　倫昭 |
| 研究課題 | Al/Al2Cu組織型ミルフィーユ合金の力学特性の支配因子解明 |
| 共同研究テーマ※該当するものに✓をつけてください。 | □全国共同利用・共同研究助成□国際共同利用・共同研究助成□共通試料提供・共同研究助成□試料分析評価受託・共同研究助成 | ☑重点テーマ□輸送機器材料開発□生体材料開発□橋梁・建築用材料開発☑キンク強化□自由テーマ |
| 使用設備名（ILM保有のもの） | FE-SEM　(Al/Al2Cu合金の組織観察・結晶方位解析のため）　コンフォーカル顕微鏡　(Al/Al2Cu合金の組織観察のため） |
| 配当額 | 旅費　　　　（　　240，000　円） | 消耗品　　　　（　　　60，000　　円） |
| **研究成果内容**　**※「研究成果」、「展望」、「具体的な成果」について、簡潔に記述してください。**【主な研究成果】軟質相と硬質相の交互積層構造をとる組織型ミルフィーユ合金であるAl/Al2Cu共晶合金について，一方向性凝固（Directional Solidification: DS）を施し，その際の成長速度が組織と力学特性にどのような影響を及ぼすかを調査した．本研究においても，過去の報告と同様に，層状組織に対して平行に圧縮荷重を負荷した際に，キンク帯形成に伴う高強度化及び高温強度の向上が確認された．本研究では，強度に及ぼすラメラ厚さとコロニーサイズの影響を区別して明らかにすることに成功した．その結果，キンク帯形成に必要とされる降伏応力は，Al/Al2Cu合金のラメラ厚さとは関係しないが，コロニーサイズには大きく依存することが示された．コロニーサイズはAl/Al2Cu共晶合金のDS中の結晶成長速度を増加させることで小さくなる．大きい成長速度でDSしたコロニーサイズの小さいAl/Al2Cu共晶合金においては，圧縮変形によって合金中に微細なキンク帯を試験片全体に均質に形成させることができ，この組織変化は延性を伴う降伏応力の大幅な増加につながった．一方でコロニーサイズが大きい合金においては，圧縮変形に伴い試験片を横切るような大きなキンク帯が形成し，座屈のような変形を示した．なお，以上の結果は圧縮荷重を層状組織に対して平行方向に負荷した際にのみ得られた傾向であり，層状組織に対して45°傾いた方向に荷重軸をとると，ラメラ界面と平行方向へのせん断変形が多く観察され，低い強度を示した．以上の結果から，コロニーサイズの制御により形成するキンク帯の形態を制御することで、キンク帯の役割が破壊モードから変形モードへと変化することが示された．さらに，本研究で得られた知見を一般化するために，Al-Zn系共晶合金についても検証を行った．本合金においても，層状組織に平行に荷重軸をとった場合はキンク帯の形成が確認された．Al/Al2Cu合金と同様に層状組織に平行に荷重を負荷した場合は45°傾けて荷重軸をとった場合と比較して高い強度を示し，45°方向に荷重軸をとった場合はラメラ界面においてせん断変形が生じていた．本合金において形成したキンク帯については，2つの異なる形成メカニズム確認された．ひとつは従来から提唱されている古典的なメカニズムであり，すべり面に対して垂直に並んだ転位配列が形成されるものである．もう一方は，Zn母相中において{11-2-2}錐面すべりが先行して働き，キンク帯形成のための<11-20>転位が<11-2-3>転位の分離によって供給されるものである．後者の新しく発見されたメカニズムは，微細なキンク帯を均一に試験片に導入し，従来の形成メカニズムによって導入されたキンク帯と比較して，その後の変形中のキンク帯強化を効果的に引き起こすことが示唆された．【今後の展望】　本研究の圧縮試験において，キンク帯を微細にかつ試験片全体に均一に形成させるためには，コロニーサイズをより微細に制御する必要性が示された．このためには，層状組織の配向性の向上が必須である．今後はさらなるキンク帯形成のメカニズム解明の一般化のために，Ａｌ合金だけではなく，Ｔｉ基合金などその他の材料におけるミルフィーユ合金の作製及びその力学特性，変形メカニズムの解明を行い，高強度・高延性を同時に発現する材料の開発を進める．この点については，本年度先行して一部研究を進めており，すでに以下に示すように論文発表に至っている．今後はこの成果をもとに，力学特性のメカニズムを詳細に解明するためにさらに研究を進める．また，これら合金の変形機構を体系的に整理することで，強度と延性のバランスの取れた合金開発法および力学特性制御法の構築と発展が強く期待できる．【具体的な成果】●論文T. Tokunaga, T. Yonemura, K. Hagihara, Materials Science and Engineering A, 900 (2024), 146505.●学会発表１．米村 拓哉，徳永 透子，萩原 幸司，「Ti-Au基ミルフィーユ材料の開発と力学特性」，日本金属学会・鉄鋼協会東海支部　第34回材料フォーラムTOKAI，東京，2024年11月.２．米村 拓哉，萩原 幸司，徳永 透子，「Ti-Au系複相ミルフィーユ合金の力学特性評価」，第147回軽金属学会秋期大会，東京，2024年11月.３．米村 拓哉，徳永 透子，萩原 幸司，「Ti-Au系複相ミルフィーユ合金の開発」，日本金属学会 2024年秋期(第175回)講演大会，東京，2024年9月. |
| **注意事項**・成果報告書はこの様式を用いて作成し、2025年5月16日（金）までにメール記載の専用URLよりアップロードください。・提出いただいた共同研究報告書は、先進軽金属材料国際研究機構共同研究報告（年報）を発行し、上記ホームページに掲載いたしますので、公表できる範囲において作成してください。・記載欄が不足する場合は，適宜ページを追加してください。 |