令和４年度　ILM共同利用・共同研究報告書

2023年　5月8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 | | Mg/LPSO複相合金の熱処理による微細組織変化と力学特性の相関解明 | | | |
| 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） | | Mg合金溶解装置 (各種Mg/LPSO複相合金の母合金溶製のため）  Mg合金押出装置 (上述の各種Mg/LPSO複相合金の押出処理のため） | | | |
| 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】  Mg/LPSO複相合金押出材は，押出加工中の動的再結晶により生成するランダムな結晶方位を有するMg相微細粒（再結晶）領域，強い繊維集合組織を有する粗大なMg相未再結晶粒（加工粒）領域，繊維状のLPSO相領域の二相三領域を形成する．これら領域の割合や形態は合金組成，押出比，押出温度に依存して複雑に変化し，この変化に伴い合金の力学特性は大きく変化する．本研究では，押出材の力学特性と微細組織の相関を系統的に明らかにすることを目的とした．  Mg/LPSO複相合金としてLPSO相を26 vol.%含むMg97Zn1Y2 (at%)合金に着目した．また，比較材としてLPSO相を含まないMg99.2Zn0.2Y0.6固溶体合金及びAZ31合金を用いた．各合金は押出速度0.2，0.9 mm/s，押出温度300℃，押出比10で押出加工を施した後，組織観察，元素分析，結晶方位解析を行い，構成相体積率を評価した．また，押出方向に対して平行に引張試験を行い，力学特性を評価した．  押出まま材における組織観察を行ったところ，固溶体合金，AZ31合金においては，再結晶粒領域と加工粒領域から成るバイモーダル組織がみられるのに対し，Mg/LPSO複相合金においては，このバイモーダル組織に押出方向に沿った板状のLPSO相粒領域が加わったマルチモーダル組織の発達が確認された．この複相合金においては，押出速度を低下させることで，加工粒領域の割合が著しく増加することが見出された．低速度で押出加工した複相合金（低速押出材）に着目すると，本合金は~370MPaという高い降伏強度を示すとともに10%程度の塑性伸びを示した．本合金に対して，200-400℃で1時間の熱処理を施し，さらなる組織制御を試みたところ，大きな応力の低下なしに伸びを連続的に増加させることができた．複相合金以外の試料においても，熱処理温度の上昇に伴い最大応力が低下，伸びが増加する傾向がみられ，これは熱処理に伴う強化相としての加工粒領域の減少，延性相としての再結晶粒領域の増加に対応していることが明らかとなった．  【今後の展望】  本研究で得られた引張試験結果から，合金組成や押出速度の違いにより，加工粒と再結晶粒の体積率変化に伴う強度と延性の変化の程度が異なり，特にMg/LPSO複相押出材では，他合金と比較して，加工粒，再結晶粒の増加に伴う強度と延性の変化傾向が異なることが明らかとなった．また，一般的に強度と延性の関係はトレードオフの関係にあることが知られているが，複相合金の低速押出材は高速押出材と比較して，強度と延性が同時に向上する特異な挙動を示すことが明らかとなった．  このような特徴をもたらす要因としては，再結晶粒，加工粒，LPSO相の形態変化やそれぞれの領域における集合組織変化，転位密度変化などが考えられる．今後はこの要因を明らかにしていくことで，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  [1] K. Hagihara, **T. Tokunaga**, K. Yamamoto, M. Yamasaki, T. Mayama, T. Shioyama, Y. Kawamura T. Nakano, Unified understanding of strengthening mechanisms acting in Mg/LPSO two-phase extruded alloys with varying LPSO phase volume fraction, Materials Transactions, 64 (2023) 720-729.  　●学会発表  [1] 山本 和輝，杉田 三佳，萩原 幸司，**徳永 透子**，眞山 剛，山崎 倫昭，Mg/LPSO複相合金におけるマルチモーダル組織の変化と力学特性の相関，日本金属学会春期講演大会，2023年3月.  [2] 堀口 皓匠、山崎 倫昭、眞山 剛、萩原 幸司、**徳永 透子**，Daria Drozdenko，Kristián Máthis，AE測定によるMg97Zn1Y2合金押出材の引張変形挙動の解明，軽金属学会第143回秋期大会，2022年11月.  [3] 萩原幸司，**徳永 透子**，山崎倫昭，眞山剛，山本和輝，杉田三佳，Mg/LPSO複相合金の組織と力学特性の相関，一般社団法人軽金属学会第143回秋期大会，2022年11月.  [4] 堀口 皓匠，山崎 倫昭，眞山 剛，萩原 幸司，**徳永 透子**，Daria Drozdenko，Kristián Máthis，AE測定によるLPSO型Mg-Zn-Y合金の引張変形挙動の解明，日本金属学会　2022年秋期講演大会，2022年9月.  [5] 山本 和輝，萩原 幸司，**徳永 透子**，山崎 倫昭，眞山 剛，河村 能人，中野 貴由，Mg/LPSO複相合金の強化挙動の統一的理解，日本金属学会　2022年秋期講演大会, 2022年9月.  [6] **徳永 透子**，山崎 倫昭，眞山 剛，ハルヨ ステファヌス，ゴン ウー，飯塚 拓実，萩原 幸司，その場中性子回折実験によるMg-Zn-Y合金の引張変形機構の考察，軽金属学会　第142回春期大会, 2022年5月.  　●国際会議発表  [1] K. Hagihara, **T. Tokunaga**, S. Ohsawa, “Kink-band formation in various mille-feuille structured Mg- and Al-based materials”, Materials Research Society (MRS) 2022 fall meeting, Dec. 2022.  　●招待講演  [1] **徳永透子**, Mg/LPSO二相合金におけるキンク帯形成挙動，高性能Mg合金創成加工研究会　第87回講演会「MRC共同利用研究」, 2023年3月.  [2] **T. Tokunaga**, K. Hagihara, S. Ohsawa, S. Uemichi, D. Egusa, E. Abe, “Controlling factor of the strengthening of mille-feuille structured alloys accompanied by kink-band formation”, International conference on plasticity, Damage & Fracture 2023, Dominican Republic, Jan. 3-9, 2023.  [3] **T. Tokunaga**, K. Hagihara, M. Yamasaki, T. Mayama, Y. Kawamura, T. Nakano, “Kink-band formation in Mg/LPSO two-phase alloys”, The 5th International Symposium on Long-Period Stacking/Order Structure and Mille-feuille Structure, Japan, Dec., 11-14, 2022.  [4] 徳永 透子，各種組織制御による軽金属材料の強度・機能性向上，一般社団法人軽金属学会第143回秋期大会，2022年11月. [軽金属奨励賞受賞講演]  [5] 徳永 透子，各種組織制御による金属材料の強度・機能性向上，日本金属学会　2022年秋期講演大会, 2022年9月. [奨励賞受賞講演]  　●受賞  [1] 第21回軽金属学会 奨励賞 2022年11月  [2] 第32回 日本金属学会 奨励賞 2022年9月  　●獲得外部資金  [1] 科研費：基盤研究（C）（3,200,000円），「Ti系ハイエントロピーミルフィーユ材料のキンク強化」  [2] 軽金属奨学会 研究補助金（150,000円）「LPSO相の体積率制御によるMg/LPSO複相合⾦の変形機構の解明」  [3] 池谷科学技術振興財団　単年度研究助成（1,500,000円）「一方向性凝固による共晶型複相ハイエントロピー合金の創製・高温高強度化」  [4] 2022年度学内研究推進経費（若手研究支援）（500,000円）「キンクを利用した材料強化の可能性検討」  [5] 日比科学技術振興助成財団　令和４年度研究開発助成（1,000,000円）「複相微細組織制御による超高強度Ti基合金の開発および力学特性制御」  [6] 公益財団法人　豊田理化学研究所　研究助成2023年度豊田理研スカラー（1,000,000円）「Fe-Ti共晶合金へのCo添加による新規軽量高強度材料の開発」 | | | | | |
| **注意事項**  ・成果報告書はこの様式を用いて作成し、2023年5月19日（金）までに軽金属材料共同研究拠点のホームページ  （https://ilm.kumamoto-u.ac.jp/）よりアップロードください。詳細は別途ご案内いたします。  ・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。 | | | | | |