

循環型社会を目指した材料製造プロセスの研究

Material Process for Circulatory Society



教授
セルゲイ・コマロフ
Professor
Sergey Komarov



准教授
吉川 昇
Associate Professor
Noboru Yoshikawa

The purpose of our group is to develop environment-friendly material processes to realize a sustainable society. To achieve this purpose, we are trying to break the barriers of traditional materials processing with the help of physical fields and waves. For example, ultrasonic processing is applied to molten metals to improve their mechanical properties and recyclability. In order to recover valuable metals, microwave is irradiated to wastes from metal industries such as slag and sludge. Electromagnetic force is applied to increase the efficiency of materials fabrication processes. Fundamental studies are performed to clarify the fluid dynamics, heat and mass transport phenomena in single and multiphase flows driven by the electromagnetic and acoustic fields.

研究概要

現在、地球規模で人類社会および生態系が直面している問題として、気候変動、資源の枯渇、廃棄物処理などの様々な環境問題が挙げられている。

そこで本研究室では環境維持・負荷低減を目的として材料プロセス学に基づく研究を行い、持続可能な循環型社会の構築に貢献することを目指している。例えば莫大な資源・エネルギーを消費する材料プロセスに対し、省資源やエネルギー利用の効率性の向上、廃棄物の再利用と無害化、副産品の製造などの研究開発を行っている。またこのような観点から新規材料プロセスの設計も行っている。具体的には移動現象や物理的手法を基盤とした環境調和プロセスの開発として、以下に示すテーマの研究を行っている。

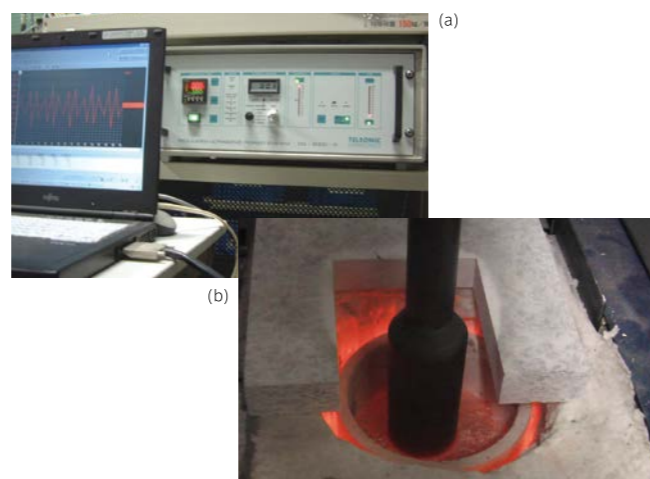


Fig.1 (a) Ultrasonic set-up for molten metal treatment and (b) ultrasonic treatment of molten aluminum.

現研究課題リスト

1.環境調和を考慮したアルミニウム製造プロセス

- アルミニウム合金完全リサイクルを目指した金属間化合物の新規無害化剤の開発
- 溶融アルミニウムの深度脱リンについての基礎研究

2.超音波処理を利用したアルミニウム合金における金属間化合物の形態制御に関する基礎研究 (Fig.1)

- 超音波処理を利用したアルミニウム合金における金属間化合物の形態制御に関する基礎研究 (Fig.1)
- 超音波照射による液体中音響流の特性に関する研究 (Fig. 2)

3.マイクロ波環境プロセス

- 金属薄膜の高効率アニールプロセス (Fig. 3)
- 粘土質(層状珪酸塩)土壌中セシウムのマイクロ波加熱除去に関する物質工学的基礎研究
- マイクロ波による瓦礫中のアスベスト迅速処理
- ディーゼルエンジン由来PMの迅速燃焼フィルターの開発

4.環境調和型のメカニカルコーティング・表面改質プロセスの開発

2014年の研究活動

1.アルミニウム合金完全リサイクルを目指した金属間化合物の新規無害化剤の開発

本研究ではアルミニウム展伸材スクラップの完全リサイクルを目指して、鋳造時に晶出する金属間化合物の悪影響を低減させる新規無害化剤とその合成プロセスを開発することを目的とする。本研究が目指す無害化剤は金属間化合物の不均質凝固核、すなわち接種剤として作用し、単に金属間化合物の微細化を促進する、もしくは針状金属間化合物から等軸結晶粒への遷移を促進する効果を有する化合物である。このような無害化剤を含有した母合金を作るプロセスとして、以下の3ステップを検討している。①ボールミル処理による新規無害化剤を合成・凝集する、②合成された無害化剤の溶湯中への混合・攪拌法を検討し、金属間化合物用接種剤を含有する母合金を創製する、③鋳造基礎実験においてアルミニウム合金溶湯への母合金を添加し、温度、添加後保持時間、冷却速度などの最適化を行い、アルミニウム合金中金属間化合物の形状、大きさ、分布などを制御する。

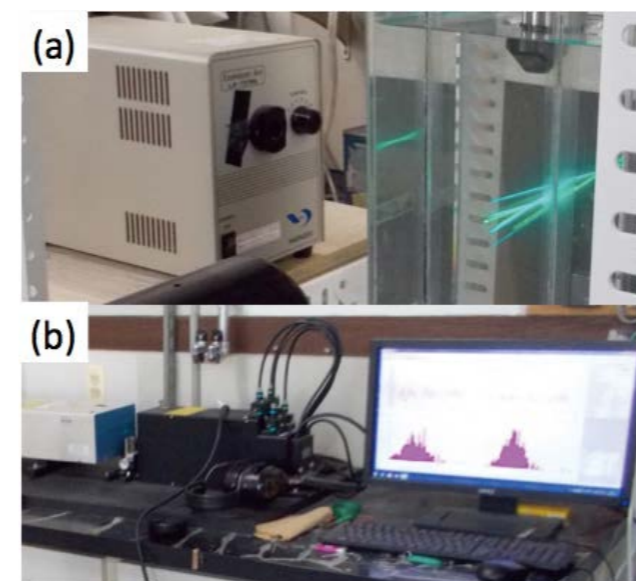


Fig.2 Laser Doppler particle velocimetry. (a) Laser irradiation system, (b) particle velocity distribution.

2.超音波処理を利用したアルミニウム合金における金属間化合物の形態制御に関する基礎研究

金属間化合物の形態を制御する目的から、超音波照射による音響流の効果について検討する。セラミック製超音波ホーンを用い、Fe,Zr,Ti,Mn等の遷移元素を含有するアルミニウム溶融合金に超音波振動を与えることによりアルミニウム合金中金属間化合物の形状、大きさ、含有率などに及ぼす影響について基礎的な研究を行う。調査結果を特に以下の2つの視点から検討している。①金属間化合物の微細化メカニズム、②合金間化合物の組成・成分

3.溶融アルミニウムの深度脱リンについての基礎研究

リン(P or 燐)はアルミニウムスクラップリサイクルの過程で混入・蓄積する有害元素の一つであり、アルミニウム中のリンを効率的に除去する技術が必要とされる。本研究ではアルミニウム溶湯の洗浄またはフラックス処理の熱力学的なデータを収集し、脱リンの可能性に関する基礎的な実験を行い、アルミニウム中のリンを数ppmまでの除去プロセスの構築を目的とする。

4.環境調和型のメカニカルコーティング・表面改質プロセスの開発

機械的・超音波振動を利用し、金属表面にマイクロ・ナノ構造の金属化合物あるいはセラミックスのコーティング膜または複合

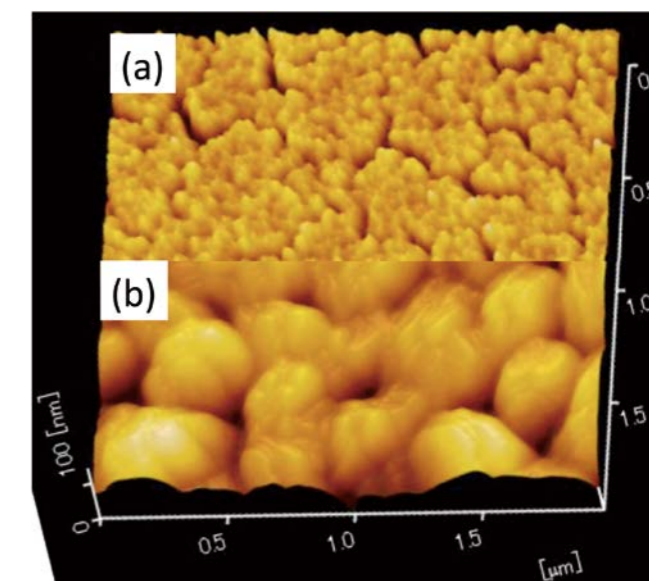


Fig.3 AFM images of sputter deposited Au films (a) as-deposited and (b) annealed at 560 °C by microwave irradiation.

層を形成させるメカノケミカルコーティング技術の原理を確立することを目的とする。本プロセスの主な特色は、常温・気圧で金属表面上にマイクロ・ナノ構造をもつ安定したコーティング膜を合成できる。なお、このようなメカニカルコーティング法は、固体状態を維持した状態で合成を行うことができるので、金属基盤とコーティング材の組み合わせに対する制限が少ない利点を有する。

5.マイクロ波による金属薄膜の高効率アニール

気相析出法等で得られた薄膜は、結晶粒径が小さく結晶性が劣悪であるため、導電率が低い。このため、熱処理(アニール)が必要である。迅速な昇温と局所的に対象物のみを加熱できるという利点からシングルモードマイクロ波アプリケーションを用いたアニール処理について研究を行っている。この手法によれば、マイクロ波の電場と磁場の位置を分離することが可能であり、マイクロ波磁場により、ナノ厚を有する金属薄膜を短時間で有効に加熱することが可能である。

本研究室においては、以下の研究資金や共同研究体制等を有効に活用し、実験研究を行っている。

日本鉄鋼協会研究会助成、科学研究費(基盤研究B)、鉄鋼環境研究基金、共同研究(日本軽金属、核融合研、豊田中研等)