

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. Microwave is irradiated to recover valuable metals from the metal industries wastes 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や、廃棄物の再利用と無害化、副産物の製造などに関する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。

現行研究課題

- 環境調和を考慮した金属製造プロセス
 - 渦巻状旋回流を利用した溶融アルミニウムの攪拌過程の流動現象の解析
 - 金属間化合物組織制御による難処理アルミニウムスクラップの再生率向上 (Fig.1)
- 超音波プロセッシングの基礎と応用
 - 超音波照射によるアルミニウム合金凝固組織改善
 - 音響キャビテーションと音響流の同時制御 (Fig.2,3)
 - キャビテーション支援プラズマ照射の応用による浄水処理法の開発
- 電磁場エネルギー利用環境 / 材料プロセッシング
 - 金属ホウ化物のマイクロ波励起反応合成 (Fig.5)
 - 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
 - セラミック複合材料の誘電率測定に関する研究
 - 金属融体の高周波誘導加熱と流動に関する基礎研究 (Fig.4)

2016年の研究活動

1. アルミニウム合金における元素置換による金属間化合物組織制御

近年、輸送機器の軽量化に向けた部品のアルミ化に伴うアルミニウムスクラップの発生量が年々増え、さらに部品のアルミニウムと鉄系ベースのマルチマテリアル化が進みつつある。このため、近い将来、処理困難なアルミニウムスクラップの大幅な増加が予測され、高度リサイクルシステムの構築が必要となっている。本研究では、凝固時に晶出する金属間化合物の球状微細化を含む組織制御によるアルミニウムスクラップ溶湯の無害化処理技術、無害化剤 (Fig.1に modifier) とその製造プロセス (Fig.1) の開発を行っている。開発にあたって「カスケード微細化」という新しい概念を提案し、ボールミルで合成したCr,Zr,Ti 珪化物粒子を溶融合金に添加することにより、珪化物中元素と合金中 Fe との置換反応と凝固核生成を促進し、Al-Fe 系化合物の微細化・形状制御の特性に対する諸要因の影響を明確にしている。今期目指しているのは①濡れ性の悪い粒子を溶湯中に効率よく混入分散させるプロセス、②凝固組織微細化と元素置換の機構

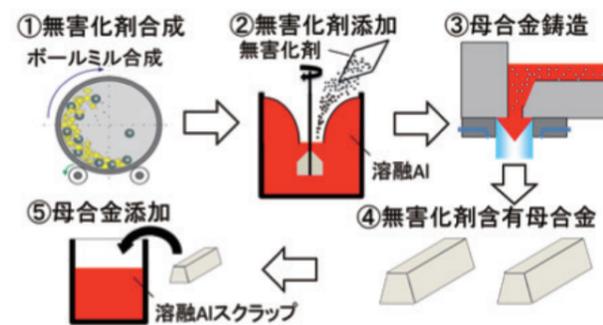


Fig. 1 Fabrication of intermetallic compound modifier Process flowchart

2. 音響キャビテーションと音響流の同時制御

音響キャビテーションは流体中の粒子分散、物質移動やラジカル生成、化学反応促進の原因となり、ソノケミストリー、超音波洗浄、超音波鋳造などの分野において重要な役割を果たしている。キャビテーションが発生すると超音波エネルギー消散によって音響流という現象も同時に起こり、上記のプロセスの効率に悪影響を与える場合が多い。本研究では、キャビテーションと音響流の同時制御を目的とし、それに対応できる超音波ホーン (Fig.2) を、ANSYS 構造解析ソフトを用い設計している。様々な形状を持つホーンを試作し、水中に超音波を照射した実験を行っている。実験では、粒子画像流速測定法 (PIV: Fig.3) による音響流を、Weissler 法によるキャビテーション強度を測定している。それらの結果を踏まえ、特にホーン先端形状が音響流パターンに及ぼす影響について調査を行っている。

3. 非金属融体の高周波誘導加熱と流動に関する基礎研究

ガラスや溶融塩等、高温である程度の導電率を有し、粘度が十分に低い場合には誘導加熱攪拌が可能である。金属融体の高周波誘導加熱攪拌に関しては、既に多くの研究があるが、非金属融体に関しては数が少ない。本研究においては非金属廃棄物の組成均一化や十分な溶込みの促進を目的として非金属融体の、高周波加熱 / 流動に関し、実験的及び数値計算手法を用いて解析を行っている。Fig.4 には、磁場分布のシミュレーション結果を示す。



Fig.2 Lengthwise amplitude distribution in dump-bell horn

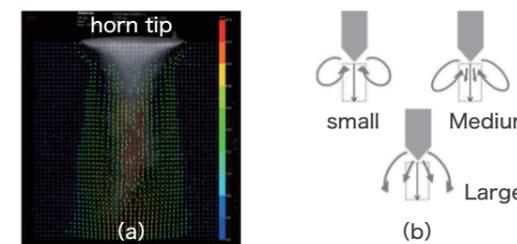


Fig.3 A typical velocity vector field (a) and acoustic streaming flow patterns (b) under cone horn tip at various amplitudes

4. 金属ホウ化物のマイクロ波励起反応合成

金属ホウ化物セラミックスは、耐熱性や耐熱性に優れ、金属程度の導電性を有している。このため高温で使用される電極等への応用があると共に、その他新規な応用拡大が期待されている。しかしながらその合成には高温プロセスが要求される。本研究ではプロセスの省エネルギー化を目的とし、マイクロ波励起反応合成法を用いて ZrB₂ セラミックスの作製に関する基礎研究を行っている。Fig.5 には 5.8GHz マイクロ波照射装置の写真を示す。

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 (挑戦的萌芽研究)、鉄鋼環境研究基金、共同研究 (日本軽金属、本田技研、豊田中研、中部大学等)。

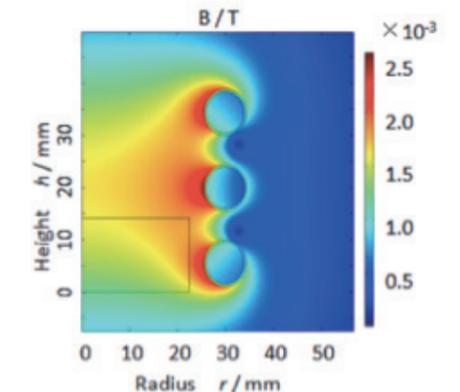


Fig.4 Simulated magnetic field distribution on a cross section of water-cooling coil (circles) and specimen with imposition RF (400kHz) EM field.

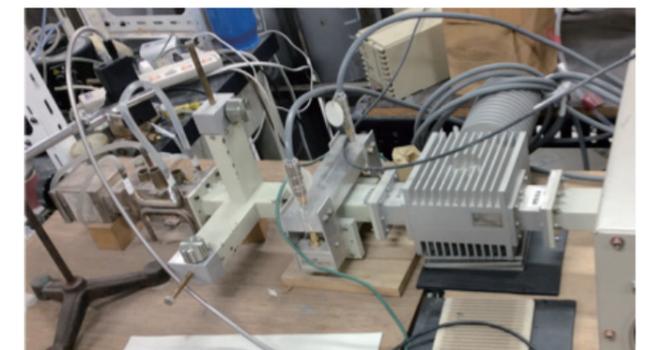


Fig.5 Microwave single mode applicator of 5.8GHz for rapid synthesis of ZrB₂ ceramics.