

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 コマロフ・セルゲイ
Professor
Sergey Komarov



准教授 吉川 昇
Associate Professor
Noboru Yoshikawa



助教 山本 卓也
Assistant Professor
Takuya Yamamoto

本研究グループの研究目的は、環境調和型の材料プロセスを開発し、持続可能な社会を実現することである。この目的を達成するために、物理作用や波の効果をj利用して伝統的な材料プロセスを変革することに挑戦する。物理場は処理される物質に選択的にエネルギーを供給する。エネルギーを供給する手法が極端に限られた高温プロセスに対しては、このような物理場や波は特に有効である。本研究グループの別の研究は物理モデルと数値シミュレーションである。この分野では、溶湯処理や金属j製造、排水処理といったプロセス内での、単相流、混相流に対する流動、熱、物質輸送をj解明する基礎研究を行なっている。

The purpose of our group is to develop environmentally friendly material processes in order to contribute to building 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. Physical fields offer an effective way to selectively supply energy to the materials being processed. Physical fields and waves are especially attractive for high-temperature processes, for which the choice of techniques available for supplying energy are severely limited. Another field of our research activity is physical modeling and numerical simulation. In this area, fundamental studies are performed to clarify the fluid dynamics and the heat and mass transport phenomena in single and multiphase flows in such processes as melt treatment, metal casting, and waste processing.

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・j負荷低減を目的として材料プロセス学に基づく実験的研究及び数値シミュレーションを行い、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、副産品の製造、またはこのような観点から新規材料プロセスに関する研究開発を行っている。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

1. 環境調和を考慮した金属製造・加工プロセス

- ・アルミニウム溶湯処理における溶解炉内の流動・物質移動の解析 (Fig.1)
- ・溶融アルミニウムの脱リン機構のj解明
- ・ボールインパクト処理による新規複合コーティング法の開発

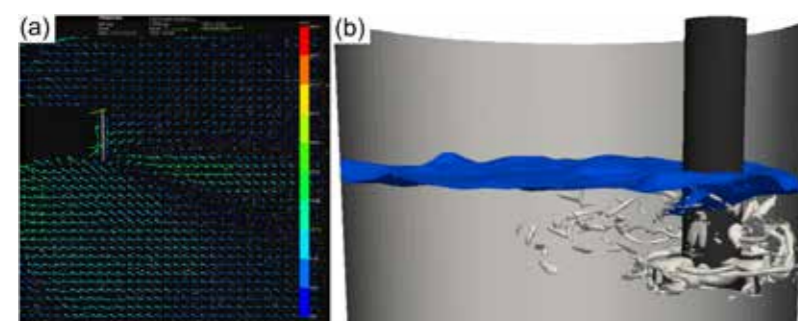


Fig.1 Fluid flow around stirring impeller taken by PIV (a) and predicted numerically (b)

Research Abstract

The purpose of our research is to develop environmentally friendly material processes and thus to contribute to building 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. Microwaves are irradiated to recover valuable metals from metal industrial 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 through cold-model experiments and numerical simulation.

Present Research Tasks

1. Environmentally friendly processing of metals

- ・Investigation of flow and mass transfer in processing of molten aluminum
- ・Removal of phosphorus from molten aluminum
- ・Development of technology for fabrication of composite coating through shot impacts

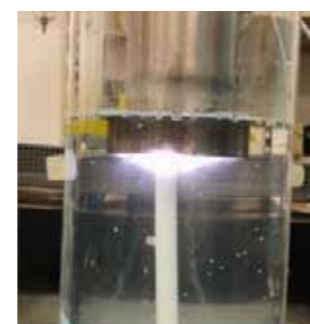


Fig.2 Waste water treatment unit using ultrasonic cavitation assisted plasma

2. 超音波j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
- ・溶融金属用の超音波ホーンの設計・開発
- ・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 (Figs. 2 & 3)

3. 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
- ・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
- ・非金属融体の高周波誘導加熱と流動に関する基礎研究

電磁場を利用した環境 / 材料プロセッシング

本研究室では、ガラスリサイクルにおける成分の均一化等を目的として、高周波 (kHz) 印加に依る非金属融体の誘導加熱攪拌に関する基礎研究 (低融点の溶融ガラスや溶融塩を対象として実験及びシミュレーション) を行なっている。またマイクロ波 (GHz) を用いた材料プロセッシングも行なっている。図4には、電磁石 (右) にマイクロ波キャビティを挿入し、静磁場印加マイクロ波プロセッシングを行なう装置を示す。

環境調和を考慮した金属製造・加工プロセス

アルミニウムのリサイクル率を向上させることを目的として、リサイクルによって再生された二次地金を利用する割合を高めるための研究を行っている。具体的には、アルミニウム溶湯を機械攪拌することで不純物を吸着させるフラックスを高速に分散させる技術や機械攪拌に伴って発生する酸化物等の巻き込み低減を達成する技術開発のために、水を用いた流動、物質輸送実験、アルミニウム攪拌・j製造実験、スーパーコンピュータを利用した大規模アルミニウム溶湯攪拌シミュレーションを行っている。(図1)



Fig.3 Photograph of Mr. Fang (D2) who was awarded the best presentation award at ICEPP2017

2. Ultrasonic processing: fundamentals and application

- ・Improvement of aluminum alloys structure due to ultrasonic application
- ・Design and development of ultrasonic horns for liquid metal sonoprocessing
- ・Development of technology for cavitation-assisted plasma treatment of wastewater

3. Application of electromagnetic field to environment / material processing

- ・Microwave-excited reaction synthesis of metal borides
- ・Development of DPF material for microwave rapid heating
- ・Measurement of dielectric properties of ceramic composites
- ・Fundamental study of high-frequency induction heating and stirring

Application of Electromagnetic Field to Environment/Material Processing

In our lab, we conduct fundamental studies on high-frequency (kHz) induction heating and stirring of nonmetallic molten fluids. Experimental and simulation studies are being performed for molten glasses and molten salts. In addition, microwave processing of materials is being conducted for other projects. Fig.4 shows an apparatus for microwave processing under imposition of a static magnetic field, where a microwave cavity is inserted between the pole pieces of an electromagnet (right-hand side).

Environmentally Friendly Metallurgical Processing

To improve the recyclability of aluminum, there is a need to use more secondary aluminum, which contains a lot of impurities. We are developing novel methods for mechanical stirring of molten aluminum, with the aim of better flux dispersion and more efficient removal of impurities. To achieve these purposes, water model experiments are being performed to investigate fluid flow and mass transfer during aluminum melt stirring and casting. In addition, numerical simulation is being conducted to investigate transport phenomena in large-scale melting furnaces using a supercomputer (Fig.1).



Fig.4 Microwave processing apparatus with imposition of static magnetic field