

Date of Submission:

平成 29 年 8 月 30 日

Department 機械工学専攻	Student ID Number 学籍番号	第 103206 号	Supervisors 指導教員	寺嶋 一彦 三好 孝典 飯田 明由
Applicant's name 氏名	伊藤 敦			

## Abstract

## 論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位論文名	傾動式自動注湯システムにおける取鍋動作制御と液体制振制御に関する研究 (Study on Ladle Motion Control and Liquid Vibration Suppression Control for Tilting-type Automatic Pouring System)
----------------------------	---

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

<p>鑄造は溶融金属である溶湯を鑄型へ流し込み、冷却して所望の形状に成形する、ニアネットシェイプ金属成形技術であり、自動車・航空機など種々の産業を支える重要な素形材プロセスである。一方で、鑄造工場は高温の溶湯に曝される、作業者にとって負担の大きい現場であり、自動化・省人化が課題となってきた。筆者らは鑄造プロセスのうち、溶湯を鑄型へ注ぎ込む注湯プロセスを傾動式自動注湯システムによって自動化する研究に取り組んできた。これは、生産ライン上の鑄型を検知し、取鍋を追従させながら溶湯を注ぎ込むシステムである。従来研究ではこれまでに、自動注湯システムの要素技術として、溶湯を揺らさずに高速に搬送する液体制振制御や所望の注湯流量や溶湯の落下軌道・位置を実現するための取鍋動作制御の研究が行われており、様々な成果を挙げている。本論文では、注湯プロセス中の取鍋高さが最も低くなるような取鍋動作軌道の設計と、実際に用いられる堰付き注湯取鍋に対する溶湯運動のCFD (Computational Fluid Dynamics)解析とその制振制御について述べる。</p> <p>まず、注湯した溶湯を溢流させることなく、効率的なプロセスを実施するために、取鍋高さの低位置化を図る取鍋動作設計を行った。取鍋の注ぎ口を最も低く出来る位置を、取鍋と周囲障害物の位置関係・形状、そして流出液体の落下軌跡から幾何学的に導き、注湯中の取鍋動作とした。この取鍋動作は、参照流量と取鍋・障害物形状が定まれば、一意に導かれる。提案法の有用性は、水を用いた実機実験により、注ぎ高さを一定とする落下位置制御と比較することにより検証され、実験の結果、落下位置制御の精度を保持しつつも、常に低い位置から注湯できることを確認できた。</p> <p>次に、堰付き注湯取鍋に対してCFDシミュレータによる後継動作時の溶湯運動の振動解析と制振制御を実施した。堰なし・堰ありの取鍋で台形速度の後傾動作に対する応答を検証すると、堰あり取鍋では液面振動に加え、堰下部の開口部を液体が移動することにより体積移動残留振動が生じることが確認された。また、動作制御や取鍋形状の条件として、取鍋傾動中心位置、堰の取り付け位置、堰開口部の大きさなどが挙げられる。解析結果から堰の位置や開口部の大きさは発生振動の周波数に関係することがわかっており、取鍋構造の最適化の必要性が明らかとなった。そして最後に液面振動や体積移動振動のモーションコントロールとして、制振制御手法の1つであるInput Shaping法を用いて、1次モード液面振動と体積移動振動の固有振動数と減衰比に基づいて制振制御入力を整形した。整形した制振入力により同じ時間で台形速度入力をを用いる場合よりも液面振動・体積移動振動を低減することができた。</p> <p>これらの研究成果により、自動注湯技術や液体ハンドリング技術における学術的および実用化への有用な知見を与えることができた。</p>
---

Date of Submission:

平成 29 年 8 月 30 日

Department Mechanical Engineering	Student ID Number 学籍番号	第 103206 号	Supervisors 指導教員	Kazuhiko Terashima Takanori Miyoshi Akiyoshi Iida
Applicant's name 氏名	Atsushi Ito			

**Abstract****論文内容の要旨 (博士)**

Title of Thesis 博士学位論文名	傾動式自動注湯システムにおける取鍋動作制御と液体制振制御に関する研究 (Study on Ladle Motion Control and Liquid Vibration Suppression Control for Tilting-type Automatic Pouring System)
----------------------------	---

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

Casting is the near net shape manufacturing which molten metal is poured into a mold and cooled to solidify for desired shape. This process is great importance for various industries, e.g., automobiles and airplanes. On the other hands, casting factories are severe environment for workers because they work at the place close to molten metal with high temperature. Therefore, it is necessary to automate the process and decrease workers. Author's group has studied about automation of pouring process by tilting-type automatic pouring system. This system detects molds on the production line and pours molten metal into a mold with tracking control of the pouring ladle. In former study, various approach were proposed as elemental technologies: sloshing suppression control with high speed transfer for molten metal and ladle motion control to achieve flow rate control and falling position control of outflow liquid based on desired references. This thesis presents the design approach of the ladle motion with the lowest position during pouring process, and analysis of molten metal motion and control design of vibration suppression for the pouring ladle with weir used in real process using computational fluid dynamics (CFD) simulator.

At the first, the ladle motion with the lowest position was designed to avoid spilling over and achieve effective processes. The ladle motion which achieves the lowest mouth position was derived based on the falling trajectory of outflow liquid and the positional relationship between ladle and obstacles. This motion is derived uniquely when the reference of flow rate and the shapes of ladle and obstacles. Effectiveness of proposed approach was verified by laboratory experiments using water. Finally, it was confirmed that the proposed approach achieves the accuracy of falling position control with the lowest position of pouring mouth. Next, the molten metal motion in a pouring ladle with weir was analyzed during backward tilting motion, and its vibration suppression was achieved, using CFD simulator. The comparison between ladles without/with weir shows that there are sloshing and another residual vibration of volume moving. The center point of ladle, the weir position and the gate size of weir can be considered as conditions of motion control and ladle shape. From analysis results, variations of the weir position and the weir gate size were related to that of vibration frequencies. It means the necessity of ladle shape optimization. Finally, the control input to suppress 1st-order mode sloshing and volume moving vibration based on natural frequencies and dumping ratios of vibrations. This input achieves vibration suppression control.

Through then analysis and design, fundamental and effective knowledge were obtained with respected to for practical and industrial processes on the fields of automatic pouring and liquid handling.