

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on Hydrodynamics and Mixing in Novel Micro-helical Structures: Arc Flow Inverters
著者(和文)	GADDEM Mohamed Rami
Author(English)	Mohamed Rami GADDEM
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11957号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:大川原 真一,関口 秀俊,下山 裕介,吉川 史郎,松本 秀行,森 伸介
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11957号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Mohamed Rami Gaddem		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	大川原 真一	特任教授		松本 秀行	准教授
	審査員	関口 秀俊	教授	審査員	森 伸介	准教授
		下山 裕介	教授			
		吉川 史郎	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Study on Hydrodynamics and Mixing in Novel Micro-helical Structures: Arc Flow Inverters (新規微小湾曲管における流動と混合に関する研究: 円弧型フローインバータ)」と題し、英文で書かれ、5章から構成されている。

第1章「Introduction (緒言)」では、マイクロリアクターに関する最近の研究の動向に触れ、微小空間における混合促進技術のさらなる発展の必要性を述べている。有望な混合促進技術としてコイル型フローインバータ (CFI) を挙げ、既往研究を概観するとともに、設計上の問題点を明らかにしている。また、気液もしくは液液の二相が交互に流れる混相流様式であるスラグ流に関して、CFI における流動および混合挙動を明らかにするために、新たな数値流体解析手法が必要であることを指摘している。最後に、本研究の目的と意義が述べられている。

第2章「Arc Flow Inverters: Design and Fabrication (円弧型フローインバータ: 設計と作製)」では、円弧型フローインバータ (AFI) が提案されている。AFI は、円弧軸を 90 度回転させながら繰り返し接続された半円または四分円の円弧管から構成される。その円弧半径は、強い遠心力を作用させるために既往の CFI よりも小さくなっている。AFI の設計により、コイル管に存在するピッチの悪影響を排除することができ、CFI に比べて設置面積を大幅に小さくできることが述べられている。さらに、三次元印刷技術を利用して作製された AFI が示されている。

第3章「Characterization of AFIs (AFI の特性評価)」では、AFI における流動および混合挙動が数値流体解析および実験により調べられている。AFI では、低レイノルズ数領域で、軸方向速度分布が放物線状から変形し、その最大速度が空間的に変動する特異な流動が見られるが、圧力損失は CFI と変わらないことが示されている。また、滞留時間分布の解析により、CFI に比して AFI では軸方向分散が小さくなることが示されている。さらに、Dushman-Villermaux 反応を用いた実験により、AFI のマイクロスケール混合時間が CFI よりも小さくなることが示されている。

第4章「Multiphase Flow (混相流)」では、気液スラグ流れの液スラグ内に生じる Dean 流れと Taylor 流れの重ね合わせが調べられている。従来は、単一の液スラグを円筒形の計算領域とし、液スラグの平均速度を壁面境界条件とすることで、移動座標系から観測される Taylor 流れの流動および混合挙動が調べられてきた。本研究は、仮想遠心力を運動量の湧き出し項として運動量保存式に付加することで、Dean 流れを直円管で生じさせる新たな数値流体解析手法を提案している。提案された手法は、それにより予測された Dean 流れの二次流速度およびヘリシティを、湾曲管における数値流体解析の結果と比較することで検証されている。本手法を用いて、気液スラグ流における湾曲管の液側物質移動容量係数 ($k_{L,a}$) が同じ操作条件の直円管の $k_{L,a}$ の 1.5 倍程度となることを見出している。また、二次流の強さを相関できる無次元数である Dean 数を、Taylor 流れと Dean 流れの再循環時間スケールの比で修正することにより、湾曲管で $k_{L,a}$ の最大値をもたらす操作条件を相関できることを示している。

第5章「Conclusion and Outlooks (結論と展望)」では、本研究で得られた成果を総括するとともに、今後の課題について言及している。

以上要するに、本論文は、マイクロリアクターにおける混合を促進するために、円弧軸を 90 度回転させながら半円または四分円の円弧管を繰り返し接続して構成される AFI を提案し、三次元印刷技術で作製し、設置面積を従来の CFI に比して小さくできることを示し、さらに実験および新規に提案した手法を含む数値流体解析により、単相流では断面方向の混合が、気液スラグ流では液スラグ内の混合が CFI よりも促進されることを示したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士 (工学) の学位論文として十分に価値あるものと認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。