

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 佐藤 大祐
学位 博士 (工学)
学位記番号 新大院博(工)第442号
学位授与の日付 平成28年3月23日
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
博士論文名 高分子流体の平面急拡大流れにおける流動配向に関する研究

論文審査委員 主査 教授・鳴海 敬倫
副査 教授・藤澤 延行
副査 教授・松原 幸治
副査 教授・山内 健
副査 教授・保田 和則 (愛媛大学)

博士論文の要旨

本論文は、成形流れにおいて重要な流れ場の一つである平面急拡大流れにおける高分子流体の流動配向について明らかにしたものである。高分子流体を代表とする粘弾性流体の流動配向は、主に伸長流れによって生じることから、二次元急縮小流れや二次元円柱まわりの流れが多くの実験的、数値的研究で扱われてきた。しかしながら、実際の成形流れでは、壁面による拘束から、伸長流れとせん断流れが複合して生じる流れ場がほとんどである。複雑な流れ場の一つである平面急拡大流れは、平板の成形加工において多く生じる。さらに拡大流れのため、拡大部後の流動配向は、上流側の流路断面や流動状態、すなわち、流動履歴によって大きく影響されることが予想される。しかしながら、このような複雑な変形過程を経て生じる高分子の流動配向は充分には解明されていない。よって、平面急拡大流れにおいて、様々な実験条件下での高分子の流動配向を検討、考察することは、実際的な流れ場における解析的アプローチへの検証データとして有意義であるとともに、実験的にも成形時の高分子挙動に関するデータベースとして貢献できると考えられる。以上の点を踏まえ、本研究は、高分子流体の様々な流動条件下での平面急拡大流れにおける流動配向を実験的に明らかにすることを目的としている。本論文は6章から構成され、その概要は以下の通りである。

第1章「緒論」では、研究背景と従来の研究報告についてまとめ、本研究の目的を述べている。

続いて第2章「試験流体」では、本研究で用いた流体とその作製方法や物性値などについて述べている。また、物性の評価方法であるレオメータおよび Fractional Maxwell Model を用いた評価方法についても説明している。

また、第3章「速度分布および複屈折の測定方法」では、速度分布測定 (PTV 計測) や高分子の流動配向を調べるための方法のひとつである流動複屈折測定の方法について述べている。また、流動複屈折測定では、複屈折および配向角の算定について理論的に示している。

実験結果は二つに大別され、まず、第 4 章「平面急拡大流路における高分子水溶液の流動誘起配向」では、平面急拡大流路における高分子水溶液の速度分布と流動配向について検討している。また、上流側の流動履歴の影響を調べるため、種々のアスペクト比および拡大比を有する流路を用いている。まずは、代表的な流動配向場を 2 例紹介している。流路高さが 1.0 mm の流路では、拡大部後の複屈折の値が急激に減少し、その後増加することを示し、配向角の値は、 0° から 90° へと大きく変化することを示している。一方、流路高さが 0.2 mm の流路では、複屈折の一時的な増加や配向角の 90° 方向への変化が生じないことを示している。続いて、種々のアスペクト比を有する流路における実験結果を示し、拡大部後の流動配向は、流路高さではなく、流路断面のアスペクト比に大きく影響することを明らかにしている。また、拡大部後の発達した流れ場においては、高分子の流動配向は代表せん断ひずみで整理できることを示している。最後に、種々の拡大比を有する流路における実験結果を示し、拡大部後の流動配向は、拡大比によっても大きく影響することを明らかにしている。

一方、第 5 章「平面急縮小・急拡大流路における高分子水溶液の流動誘起配向」では、平面急縮小・急拡大流路を流動する高分子水溶液の速度分布と流動配向分布を検討している。また、上流側の流動状態による影響も調べるために、種々のスリット長を有する流路を用いている。これらの実験より、スリット長が長い流路では、拡大部後の流動複屈折および配向角の分布が、十分発達した流れが拡大部へ流入する場合の流れ場と同様な分布となることを示している。さらに、スリット長が短い流路では、縮小流の影響が完全に消滅しないことから、スリット長が長い流路で見られる複屈折の一時的な増加や配向角の 90° 方向への変化が生じないことを示している。これより、スリット長が短い流路のように、急縮小部の伸長流れの影響が急拡大部までに消滅しない流路では、急拡大部後の流動誘起配向の分布が、発達した流れ場が拡大部へ流入する場合の拡大流れと大きく異なることを明らかにしている。

最後に、第 6 章「結論」では、全体の総括を行い、本研究の結論を述べている。

審査結果の要旨

以上を要するに、本論文は、平面急拡大流れにおいて生じる高分子流体の流動配向とそのメカニズムを、速度分布および流動複屈折分布の相関を比較することで解明し、また、様々な流動条件下で生じる特徴的な流動配向を系統的に明らかにしている。本研究における成果は、非ニュートン流体力学、レオロジーの分野において新たな知見を与えるものであり、さらに、学術的に重要な役割を果たすだけでなく、工学・工業においても有益である。また、この研究成果は、学術雑誌に二編の論文として掲載（一編は掲載予定（決定済））されており、国際会議においても発表されている。

よって、本論文は博士（工学）の博士論文として十分であると認定した。