

氏 名	さとう さだお 佐 藤 貞 雄
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 乙 第 1 1 9 号
学位授与の日付	平成 15 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規程第 3 条第 4 項該当
学 位 論 文 題 目	静止及び流動状態における溶融高分子の伝熱挙動と伝熱特性の 評価に関する研究 (主査)
審 査 委 員	教 授 濱田 泰以 教 授 石原 英昭 教 授 木村 照夫

論文内容の要旨

本論文は、静止及び流動状態における溶融高分子の熱伝導率と平均熱伝達率の温度依存性、速度依存性などの解明を目的として、数種類の独自に開発・設計・試作した装置を用い、実験的な解析を行ったものである。熱伝導率、熱伝達率は高分子材料の伝熱挙動を解明する一つの熱特性として評価する上で重要である。一方、この特性値は、比熱、熱拡散係数、PVT 特性などと共に射出成形加工における流動解析、冷却固化解析及びフィルム、紡糸加工における冷却解析などコンピュータシミュレーションにおいて必要不可欠な樹脂データである。樹脂データはシミュレーションの精度に影響を与え、成形品の品質を決定する重要な特性値となることから、その測定に際しては高い測定精度、再現性、信頼性が要求される。本論文では、これらの要求に応え、熱伝導率を容易に測定できる最適方法と測定マニュアルの提案を行っている。本論文は全 8 章から構成されており、各章ごとの概要は以下の通りである。

第 1 章の序論では、本研究に関する歴史的な背景と動向、問題点及び研究目的について詳細に述べている。第 2 章では、固体域を含む静止状態における溶融高分子の熱伝導率を定常絶対法の平板保護熱板法及び同心円保護熱円筒法により測定し、熱伝導率の温度依存性について検討している。第 3 章は非定常絶対法の単一プローブ法によるもので、この改良形の装置による測定が第 4 章である。本研究で作成した装置が十分な測定精度を持っていることを確認している。また、両者の装置による測定の結果、熱伝導率の温度依存性は温度上昇と共に増大し、融点又はガラス転移点において不連続になる結果が得られている。さらに、溶融 HDPE の測定値は先達のものにほぼ一致することを明らかにしている。第 5 章は熱伝導率が既知の標準試料を用いる非定常絶対法の双子プローブによる熱伝導率測定法について提案している。この測定法の信頼性を高めるため第 6 章では熱伝導率に及ぼすプローブ径の影響について検討を行い、試料径 D とプローブ径 d との関係は $D \geq 9d$ であることが精度上必要であることを明らかにしている。

第 7 章では層流流動状態の溶融高分子の中に流れに平行にプローブを挿入してプローブ周囲に生じる伝熱挙動を観察測定することにより平均熱伝達率を求める方法を提案している。特にプローブ表面に生じる等価伝導層厚さと流速の関係から伝導伝熱と対流伝熱の境界流速を予測している。さらに対流伝熱に係る無次元パラメーター (Pr, Nu, Pe, St) を求め伝熱挙動について議論している。第 8 章の総括では本論文全体の総括と検討課題ごとの結論、測定精度などについて述べている。結論では、実験及び理論的検討から溶融高分子の熱伝導率の最適評価法は測定精度±

4.0～7.3%の双子プローブ法であることに併せて6項目の測定マニュアルを提案している。また流動下における平均熱伝達率の測定は挿入したプローブ周囲表面の伝熱挙動の観察、測定によって評価可能であることを提案している。

論文審査の結果の要旨

高分子溶融体の熱伝導率、熱伝達率などの熱特性に関する検討は標準化された測定方法がないこと、測定データが少ないことにあいまって既に報告されているデータ（熱伝導率）間にはバラツキがかなりある。一方、熱伝達率は測定環境によって測定値が異なることから物性値として扱えないため実際的な検討例は極めて少ない。また、従来からこれら熱伝導率、熱伝達率は成形加工における数値シミュレーションの樹脂データとして重要であると認められながらも測定が極めて煩雑であるため、実用可能な測定方法が確立されてこなかった。

本論文は静止状態下の溶融高分子の熱伝導率と流動状態下の平均熱伝達率の各測定装置を独自に開発して検討した結果、熱伝導率は Debye の式を引用した熱伝導論と実験による熱伝導挙動が最も良くマッチングする最適評価方法が双子プローブ法であると結論付けていることに併せてそれらに関する6項目の評価マニュアルを提案している。平均熱伝達率は層流流動している溶融高分子の流れの中にプローブを挿入して発熱させ、プローブの有効発熱長さ表面部の伝熱挙動を観察、測定する評価方法を提案し、関連する無次元パラメーターから測定値と評価方法の妥当性を明らかにしている。

本研究は成形加工 C A E における入力樹脂データの測定精度、再現性および信頼性の向上を目的として行われており、独自に開発した伝熱挙動の評価方法を提案し、静止、流動状態の伝熱現象を実験的に克明に検討したことにオリジナリティが認められ、工業的に価値があり、高く評価できるものである。

本論文の基礎となっている学術論文は、申請者が全て筆頭著者で審査制度の確立した雑誌に6篇が既に掲載、もしくは掲載予定である。そのほか学術論文15編、学術専門雑誌、研究報告、解説及び展望など47編、分担執筆著書が5編ある。

- 1) 佐藤貞雄、山口章三郎、長尾貴格、向野 稔：プラスチックの固体から溶融温度域における熱伝導率、高分子論文集、45、567-572 (1988)。
- 2) 佐藤貞雄、菊地 正、熊谷慶一、大柳 康：溶融高分子の熱伝導率に及ぼす温度依存性、高分子論文集、47、231-236 (1990)。
- 3) 佐藤貞雄、斎藤 工、大柳 康：溶融ポリマーの熱伝導率と熱拡散係数、成形加工、4、55-61 (1992)。
- 4) 佐藤貞雄、林 勇喜、広瀬 稔：双子プローブによる溶融ポリマーの熱伝導率と装置の開発、成形加工、10、213-219 (1998)。
- 5) 佐藤貞雄、林 勇喜、金里浩彰：双子プローブによる溶融ポリマーの熱伝導率に及ぼすプローブ径の影響、高分子論文集、58、9-12 (2001)。
- 6) Sadao Sato, Kenichirou Oka and Akihiko Murakami : “Heat Transfer Behavior of Melting Polymers in Laminar Flow Field”, SPE, Polymer Engineering & Science (2004 年 1 月号に掲載予定)。