

粘弾性流体の押出し塗布流れに関する研究

穴 澤 朝 彦*

Study on slot coating flow of viscoelastic fluid

by Tomohiko ANAZAWA

本論文は、粘弾性流体の押出し塗布流れにおける金型内部の流れについて、その粘弾性特性の塗膜厚さの偏差への影響と、内部流れの可視化による解析を行ったものである。押出し塗布は、前計量方式と呼ばれる塗布方式に属し、塗膜を精密に形成することが可能な方法であり、多くの製品の製造に用いられている。ポンプにより供給された塗液は、押出し金型内部の分配室により金型幅方向に渡って分配され、スロットに流入し、その出口より吐出され、塗膜となる。このとき流れが幅方向にどれだけ一様化されているかが塗膜厚さに影響する。これまで塗膜を均一な厚さにするために非ニュートン流体について、粘性の非ニュートン性を考慮した金型内部流動状態の最適化が研究されてきた。しかしながら、実際の高分子の塗液は粘弾性特性を有し、粘性の非ニュートン性のみでは良好に金型内部の流動状態を表せない場合がある。しかし、このような系での流量分配予測に関する研究はほとんど行われていない。これらの点を踏まえて、本研究では押出し塗布について、粘弾性により生じる吐出量偏差を明らかにするとともに、その偏差の挙動の原因を流路内部の可視化により明らかにすることを目的としている。

第1章の緒言では本研究の背景と目的、従来の研究ならびに本研究の概要について述べている。

続いて、第2章の供試流体では、粘弾性流体の塗液の供試流体として用いたボガー流体およびニュートン流体について説明し、両流体ともに粘度がせん断速度によらず一定であることを示し、固有の緩和

時間を希薄系の Zimm 理論に従い算定している。

これらの流体を用いて押出し金型内部での粘弾性流体の流動について、実験的および理論的に調査した結果について「第3章 金型内部における粘弾性流体の押出しコーティング流れ」で論じている。実験からボガー流体では流量の増加とともに幅方向の不均一性が減少することを示し、さらに流量が大きくなるとその効果は弱まることを明らかにしている。そして、この現象を説明するために、分配室とスロットを平板状縮小流れにより連結する一次元流動モデルを提案している。そこでは、分配室からスロットへの流動を平板状縮小流れにて発生する余剰圧力損失で特徴付けられると仮定し、その粘弾性による圧力損失は実験的に見積もっている。そして、このモデルによる予測結果が定性的ながら実験結果と一致し、金型設計に有効であることを明らかにしている。

前章の結果に関連して、渦を伴う速度場について、第4章の非対称な平板状縮小金型流路における粘弾性流体流動場のPIV計測では、押出し金型内部にある非対称な平板状縮小流路について、実験的に調査した結果について論じている。まず、縮小流路入口における速度場を粒子画像速度計測法により計測し、その流動を統計的に評価している。そして、入口での流動は流体の粘弾性により側壁に付着し、リップ近傍では不安定となり、高流量時には縮小部のコーナにおいて渦が発生することを明らかにしている。これらの流動の変化はニュートン流れ領域、遷移領域および渦形成領域に分類できることを解明

*新潟大学大学院自然科学研究科

現在 大日本印刷株式会社

〔新潟大学博士（工学）平成22年3月23日授与〕

している。

最後に、第5章の結言で、本研究により得られた結論を総括して、工業上多く用いられる塗布工程の中で、特に薄膜形成に有効な押し出し塗布における金型内の流れに対する塗液の粘弾性特性の影響を、実際的な問題である塗膜厚さに関する観点ならびに

流れの場の計測から系統的に明らかにしたことを述べている。

本研究の遂行ならびに学位論文の執筆に当たり、長谷川富市名誉教授、藤澤延行教授、鳴海敬倫教授に御指導、御鞭撻を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。