



精密高分子成形加工の ナノスケール光学素子への応用

山形大学大学院 有機材料システム研究科
石神 明, 伊藤浩志

1. はじめに

プラスチック製品の表面へ微細な構造を形成することで、反射防止・高光取出効率・撥水撥油性といった様々な機能を発現させ、製品の高付加価値化・差別化に向けた取り組みが行われている。特に、高分子材料はガラス転移点 (T_g) や融点 (T_m) といった弾性率や流動性の複雑な変曲点を有しており、微細構造を形成する成形条件が最終製品の機能性に大きな影響を及ぼす。そのため、高分子材料の精密な成形加工法が幅広く検討されている。近年、プラスチック製品の高機能化・多機能化に伴い、微細構造のサイズはマイクロスケールからナノスケールサイズへと微細化が進んだことで、高分子材料表面に形成される構造の高い転写性が求められるようになった。しかし、転写率が高くなるにつれて成形品は金型から離型しにくくなる。マイクロスケールサイズにおける転写性と離型性の関係については多く報告されているが、ナノスケールサイズにおける転写率や離型性の関係の体系的なデータの報告は依然少ない。したがって、ナノスケールサイズにおける転写率と離型性の関係を整理し、転写と離型を両立できる成形条件を理解することは非常に重要である。そこで本稿では、射出成形やインプリント法といった生産性に優れた成形加工法を用いたマイクロ・ナノスケールの精密微細構造の形成手法の特徴および転写性について述べ、製品の機能性へ与える影響について評価した事例を紹介する。

2. 射出成形法によるナノスケールの微細転写特性と離型挙動の解析

光学部品には、蛾の目を模倣したモスアイと呼ばれる表面微細構造が、使用される材料の反射防止や透過率の向上を目的として形成される^{1,2)}。このような微細構造を付与した製品を大量生産する方法の一つとして射出成形が挙げられる。射出成形は加熱溶融させた樹脂を金型内に射出注入し、冷却・固化させることにより成形品を得る方法である。この成形方法は微細形状を有する成形品の生産効率向上のためには必要不可欠である。しかし、転写率が高くなると形状によるアンカー効果が発生し、離型性が悪化する傾向がある³⁾。

射出成形において、自動での量産加工が可能であることが最大の長である。したがって、成形品が離型せずに金型に取り残された場合は、生産がストップし、人員による復旧作業が必要となってしまう。そのため、成形品が完全に取出せるような金型設計、成形条件を確立し、運用する必要があることから、高い転写率による高機能化と高い離型性による生産性の向上に向けた取り組みは非常に重要である。

そこで我々は、一般的な金型の材質である鋼材製金型 (熱伝導率 $43 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) と断熱効果のあるジルコニア製金型 (熱伝導率 $1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$) を用いたポリカーボネート (PC) の射出成形実験を行い、表面転写率と離型抵抗力を測定することでこれらの相関関係を評価した⁴⁾。また、射出時の保圧を増加させることによって転写率の制御を行うことが可能である。金型の転写面には高さが 290 nm 、構造間隔が 300 nm の蛾の目を模倣したモスアイ構造が形成されており(図 1)、成形後の成形品表面を走査型ブ