

論文内容要旨 (和文)

平成26年度入学 大学院博士後期課程

有機材料工学専攻 有機デバイス分野

氏名 金田 亮



論文題目 赤外線透過レンズ用高密度ポリエチレンの射出成形に関する基礎研究

高密度ポリエチレン (HDPE) は、食品容器やパケツ等に使用される汎用性の樹脂である。一方、8~12 μm 領域の赤外線 (IR) を透過することから、放射温度計のような IR システムの集光レンズ用素材としても用いられている。このレンズは、射出成形によって製作されているが、高い IR 透過率を得るために薄肉化する必要がある。しかし、薄肉化によって IR システム装置内部の視認性の問題が生じる。このレンズを不透明な状態 (低い可視光 (VIS) 透過率) で薄肉化し、高い IR 透過率を得ることができれば、既に HDPE 製レンズが用いられている IR システムの性能向上を図ることができ、さらには他の IR システムへの使用も可能となる。

そこで本研究では、IR 透過レンズ用 HDPE の射出成形に関して、高い IR 透過率と低い VIS 透過率を同時に得ることを目的に、キャビティ厚さ、成形条件、表面粗さ、材料特性および成形方法をパラメータとした成形品を製作し、成形品の厚さ、表面粗さ、結晶化度、スキン-コア構造と呼ばれる内部構造および分子配向が IR および VIS 透過率に及ぼす影響について実験的な基礎調査を行った。

射出成形では、成形機の仕様、金型の仕様、樹脂の種類および特性、さらには成形条件によって、熔融樹脂を充填することが可能なキャビティの厚さには制限がある。そこで、HDPE 製レンズの射出成形に使用される標準的な条件により、円盤形状の厚さの異なるキャビティを用いた射出成形および射出プレス成形を行い、完全充填が可能なキャビティ厚さが 0.5mm であることを把握した。このキャビティを用いて成形条件が透過率に及ぼす影響を調査した。その結果、金型温度を高く設定することで、スキン-せん断層の減少により高い IR 透過率が得られ、同時に結晶化度の上昇により低い VIS 透過率が得られた。射出プレス成形を行うことで、結晶化度が上昇し VIS 透過率がさらに減少した。

レンズの光線透過率は、レンズ表面の粗さの違いによって変化し、表面粗さが大きい場合に低下することから、一般的には鏡面仕上げされている。しかし、表面の粗さの違いによって生じる透過率の変化には波長依存性があり、波長の長い IR の場合には、表面粗さがある程度大きい場合でも透過率は低下しないと考えられる。そこで、IR 透過率を低下させない範囲で表面粗さを大きくすることによって、VIS 透過率のみを低下させることが可能であるかを検証するため、表面粗さの異なる金型を使用して、さらに金型温度を変化させた射出成形を行い、成形品の表面粗さが透過率に及ぼす影響について調査した。その結果、金型温度を変化させた場合でも、金型表面粗さの成形品への転写性に対する違いはほとんどなく、表面粗さの大きい金型を使用した場合、つまり成形品の表面粗さが大きい場合に、IR および VIS 透過率はともに減少したが、VIS 透過率の減少量が大きかったことから、表面粗さの大きい金型を使用する効果が確認できた。さらに、金型温度が高い場合、表面粗さの影響は小さくなり、IR 透過率は分子配向の小さいスキン層が減少することで増加し、VIS 透過率は結晶化度の上昇によって減少した。

薄肉成形の場合には、熔融樹脂の流動性の指標となるメルトフローレート (MFR) の値が大きい樹脂が使用される。そこで、MFR が 5, 12, 26 および 42 (g/10 min@190°C) の 4 種類の HDPE を用いて、金型温度および保圧を変化させた射出成形を行い、透過率への影響を調査した。ここで得られた成形品のスキン層は非常に薄かったため、IR 透過率は成形品の厚さに依存し薄い場合に増加した。薄い成形品が得られた MFR は、最も小さい 5 (g/10 min@190°C) のときだった。VIS 透過率は、成形品の分子配向が小さく、かつ結晶化度が高い場合に減少した。この状態は、最も大きい 42 (g/10 min@190°C) の MFR で得られた。従って、異なる MFR の HDPE を用いて、高い IR 透過率および低い VIS 透過率を同時に得ることは不可能だった。

薄肉成形を可能にする方法の一つに、射出プレス成形がある。既述したように、射出プレス成形を行うことにより VIS 透過率は減少したため、さらにプレス条件を変化させた場合の、IR および VIS 透過率への影響を調査した。変化させたプレス条件は、熔融樹脂の流動性を考慮し型開き量および遅延時間である。プレス条件の影響のみを調査するため、射出成形条件は一定とした。熔融樹脂の流動性に関しては金型の表面粗さの影響も考えられるため、表面粗さの異なる 2 種類の金型を使用した。その結果、遅延時間を長く設定することで、分子配向が小さくかつ結晶化度の低いスキン層が減少し、高い IR 透過率を得た。VIS 透過率は、せん断-コア層内の分子配向が小さい時に減少した。この分子配向は、プレス条件に依存して変化し、VIS 透過率の最小値は、遅延時間および型開き量が、射出時間およびキャビティ厚さと同じ値に設定したときに得られた。遅延時間を長く設定することで成形品の厚さは均一化され、さらに表面粗さの大きな金型を用いることも厚さの均一化に効果があった。

論文内容要旨 (英文)

平成26年度入学 大学院博士後期課程

有機材料工学専攻 有機デバイス分野

氏 名 金田 亮



論文題目 Injection Molding of High-Density Polyethylene for Infrared Transmission Lenses

High-density polyethylene (HDPE), used for food containers and similar applications, is also used as a lens for some infrared radiation (IR) systems such as radiation thermometers. Such lenses are produced by injection molding. When these HDPE lenses are used for IR systems, it is necessary to make them sufficiently thin to provide high IR transmittance. However, thinning them makes them transparent, which makes it possible to view the device interior. If such lenses could be made sufficiently thin for high IR transmittance in an opaque state (low visible light (VIS) transmittance), then they would become useful for other IR systems.

In this study, to achieve high IR transmittance and low VIS transmittance in injection molding and injection press molding of HDPE, molded parts were produced by changing the cavity thickness, molding conditions, and mold surface roughness using a disk-shaped cavity. The effects of thickness, surface roughness, crystallinity, skin-core structure, and molecular orientation of molded parts on IR and VIS transmittance were investigated experimentally.

Results show that the fully packed cavity thickness was 0.5 mm. Furthermore, results showed that IR transmittance becomes higher with a thin skin layer having low molecular orientation and low crystallinity. The VIS transmittance becomes lower when the molecular orientation in the shear-core layer is small. To obtain such a skin-core structure, for injection molding, the mold temperature and cooling time are set, respectively, as higher and longer. In such cases, it is not necessary to finish a mold in the mirror-like surface because the influence of the surface roughness of molded parts decreases when the mold temperature is high. For injection press molding, the IR transmittance increases when the delay time is long. However, the VIS transmittance increases simultaneously. These investigation results show that the most suitable values of cavity open distance and delay time were, respectively, the same values as the cavity thickness and injection time. When using a mold with large surface roughness and longer delay time, the molded part thickness becomes uniform.

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 29 年 8 月 8 日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 伊藤 浩志
 副査 峯田 貴
 副査 杉本 昌隆
 副査 松葉 豪
 副査
 印



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

論文申請者	専攻・分野名	有機材料工学専攻	有機デバイス分野	氏名	金田 亮
論文題目	赤外線透過レンズ用高密度ポリエチレンの射出成形に関する基礎研究				
学位論文審査結果	合格	論文審査年月日	平成 29 年 7 月 25 日～ 平成 29 年 8 月 3 日		
論文公聴会	平成 29 年 8 月 3 日	場 所	工学部 GMAP 4 階 406 セミナー室		
最終試験結果	合格	最終試験年月日	平成 29 年 8 月 3 日		
学位論文の審査結果の要旨 (1,000 字程度)					
<p>本論文は、赤外線透過レンズ用高密度ポリエチレン (HDPE) の射出成形に関して、高い赤外線 (IR) 透過率および低い可視光 (VIS) 透過率を同時に得ることを目的とした。ここでは、キャビティ厚さ、成形条件、表面粗さ、材料特性および成形方法をパラメータとした成形品を製作し、成形品の厚さ、表面粗さ、結晶化度、スキン-コア構造と呼ばれる内部構造および分子配向が透過率に及ぼす影響について調査を行った内容であり、全 6 章で構成されている。</p> <p>第 1 章では、序論として本研究の目的および本論文の構成が述べられていた。</p> <p>第 2 章では、製品厚さおよび成形条件の影響を調べた結果、高い金型温度によって最表面 (スキン) -せん断配向層の減少から、高い IR 透過率が得られ、同時に結晶化度の上昇により低い VIS 透過率が得られることを示していた。</p> <p>第 3 章では、金型表面粗さの影響を調べた結果、金型温度を高く設定することで、成形品の表面粗さより内部構造の影響が大きくなることを示した。</p> <p>第 4 章では、流動特性の異なる HDPE を用いて最適な材料特性を調べた場合、設計とする IR および VIS 透過率を同時に得ることは困難であることを示した。</p> <p>第 5 章では、射出プレス成形を行い、遅延時間を長くすることで高い IR 透過率が得られること、さらに VIS 透過率については最小値が得られるプレス条件が存在することを示した。また表面粗さの大きな金型を用いることも厚さの均一化に効果があることを示した。</p> <p>第 6 章では、第 2 章から第 5 章で得られた結果をまとめ、全体の結論を述べている。</p> <p>本学位論文は、研究背景および目的が的確に述べられ、論文の構成も適切で体裁も整っている。さらに、各章の研究内容について、各目的やその取り組み方、結果に対する考察やその記述も論理的になされている。設定した研究テーマに沿った明確な結論が述べられている。研究テーマの新規性・独自性については、既に査読付きの英文学術論文誌に 2 報が掲載済み、また 2 報は掲載が決定されており、本研究に対して客観的な評価が得られている。これまで、国際学会では 1 件、国内学会では 8 件の口頭発表を行っている。本学位論文は学位論文審査基準 (大学院理工学研究科博士後期課程) を満たしている。したがって、合格と判定した。</p> <p>本論文は、研究倫理又は利益相反等に係る学内規則に基づく手続きは必要ありません。</p>					
最終試験の結果の要旨					
<p>本学の規定に従い、本論文および関連分野に関して口頭により最終試験を行った。最終試験は、学位論文を中心とした 60 分の口頭発表ならびに 30 分の質疑応答により実施した。その結果、学位論文の内容ならびに関連分野に関する理解度は十分にあり、博士の学位を授与するのに十分な知識と能力を有していると判断し、合格と判定した。</p>					