

論文内容要旨 (和文)

平成18年度入学 大学院博士後期課程

物質生産工学専攻 材料物理工学講座

学生番号 06522206

氏名 高原忠良 印 

(英文の場合は、その和訳を () を付して併記すること。)

論文題目 タルク・ゴムを含有するポリプロピレン射出成形品における
角部閉じ変形に関する研究

温暖化対策のため、自動車の軽量化による炭酸ガス排出量の抑制が緊急の課題となっており、さらなる樹脂部品化が予測される。一方、高品位な車両が望まれる中、部品の変形抑止も重要な課題である。最も広く使われている自動車用樹脂は、ポリプロピレンに、剛性・耐熱性向上の狙いでタルクを、また、耐衝撃性のためにゴムを添加した3元系樹脂であり、厳しい使用環境を考慮すると今後も基本的な構成は踏襲されると考えられる。

射出成形品の変形は、成形品の各部位で、温度・残留応力・結晶化度といった物性が分布し体積収縮が不均一になること、ならびに、分子や充填材の配向により収縮に異方性を持つことで発現する。これら個々の物理事象の詳細な研究が進められているが、複雑な3元系樹脂での挙動までは明確になっていない状況である。成形収縮率はこれら複雑な物理挙動を集約しマクロ的に表現する物理量と考えられる。本研究では、成形収縮率にて変形現象を説明することを試みる。またこれまで、平板では発現せず、立体的な形状においてのみ発現するという、実成形品を考慮すると重要な変形モードに着目してきた。成形品の厚み方向と面内方向との成形収縮率に差がある場合に発現する変形挙動であるが系統だった研究は皆無である。そこで、立体的な形状、具体的には、断面がL字の成形品で、L字の角度の変化を検討対象とした。

最初に、平板にて成形収縮率異方性を詳細に検討した。このため、厚み方向の成形収縮率を高精度に測定する手法の考案から着手した。厚さ3mmの成形品の場合、成形収縮率は数%と仮定すると収縮量はわずか100 μ 前後である。成形収縮の基準寸法である金型キャピティ寸法の正確な計測は困難であったが、昇温・高圧型締め状態の型内にシリコン樹脂を挟み込み、硬化後の厚みを測定する方法を考案し高精度化をはかった。ついで、この測定方法にて、成形条件と成形収縮率の異方性(樹脂流れ方向、その直交方向、厚み方向の3軸成分の差)の関係を解明した。この結果、常にどの成形条件でも、流動方向<直交方向<<厚み方向との異方性、特に厚み方向の成形収縮が大きくなるとの挙動を明らかにした。これは、タルクが流動方向に平行に配向するがフレーク状なために直交方向の成形収縮も抑制しもっぱらタルク間の樹脂、すなわち厚み方向が収縮すると考えられる。なお、タルクの長手方向は流動方向に配向するため、直交方向に比べ流動方向の成形収縮率はわずかに小さくなると考察した。成形条件を変更した際の3軸の成形収縮率の変化挙動は、つねに相互に線形の関係があり、厚み方向成分が面内

方向に比べ数倍大きく変化することも明らかにした。成形条件を変更した場合、相似形に収縮するのではなく、もっぱら厚み方向の収縮が大きくなることを示している。さらに、成形品の重量と成形収縮率の3軸成分との間に負の相関関係があることを明らかにした。成形品重量は型内に注入される樹脂量に相当するが、その量が少ない場合には成形収縮率は大きくなり、その際、厚み方向の変化が大きくなることを示している。ついで、樹脂組成の影響を把握した。ゴム含有量・タルク含有量のそれぞれを変更した樹脂をコンパウンドし検討した。タルク量の増加とともに、厚み方向収縮が急激に増加し同時に面内収縮が低減するが、この傾向はタルク含有率10%近傍で飽和するとの特異な傾向を確認した。これはタルクの結晶核剤効果により樹脂分の体積収縮が大きくなるためと考察できる。一方、ゴム含有量を増加した場合、緩やかに面内収縮が減少、厚み方向収縮は増加する傾向を示した。層分離したゴム分がタルクと同様に成形収縮を抑制するものと推察する。

次に、断面がL字の金型により、成形条件ならびに樹脂組成の角部閉じ変形への影響を検討した。この結果、平板で詳細に検討した収縮異方性と同等の変化を示すことが確認された。すなわち、1) 成形条件で支配される成形品重量と変形量との間には負の相関関係がある、2) タルクやゴムの含有量にもなう異方性の変化と同様に角部閉じ変形量に変化するとの挙動である。ただし、タルク含有量を増加した場合、収縮異方性は飽和するのに対して、角部閉じ変形量は緩やかな減少に転じる傾向が認められたので、その原因を究明した。ここまでの検討で収縮異方性と角部閉じ変形に明確な相関関係が認められたことから、収縮異方性は変形のための力に相当すると仮定できる。一方、力が作用した際の変形の度合いは弾性率で決定される、そこで、Hookeの法則に、収縮差を力とし、弾性率とともに当てはめ歪を求めたところ、実測の角部閉じ変形挙動を再現することが確認できた。これより、角部閉じ変形は、収縮率の差が変形発生ための力として作用するとの挙動を明らかにした。

最後に予測手法としての有用性を検討した。平板にて、3方向の成形収縮率と弾性率を測定し、Hookeの法則に当てはめて、角部閉じ変形挙動を予測する試みである。成形条件、樹脂組成を変化させて確認し、いずれも変形挙動の予測が可能であることを示した。

これまであまり重要性が認識されていない立体的な形状でのみ発現する変形を対象とし、その説明物理量を成形収縮率のみとする研究であったが、成形収縮率のみで合理的に説明が可能であることを示すとともに、定性的な予測手法として活用可能なことを証明した。

論文内容要旨 (英文)

平成18年度入学 大学院博士後期課程

物質生産工学専攻 材料物理工学講座

学生番号 06522206

氏名 高原忠良 印 

論文題目 **Angular Deformation in Injection Molded Parts
made of Talc and Rubber Filled Polypropylene**

Plastic parts are increasingly being used for automotive vehicles to achieve weight reduction for environment protection. The most popular polymer material used for automotive plastic parts is polypropylene, reinforced with talc to improve stiffness, and filled with rubber to improve impact-resistance. It is important to prevent warpage to achieve high quality parts.

In this study, the author focused on two points. First is the shrinkage anisotropy that is a macro characteristic that summarized multiple factors, thermal shrinkage, elastic recovery, and orientation of molecules and fillers. Second point is the three-dimensional shape. Because the angular deformations induced by shrinkage anisotropy between in thickness and in in-plane directions occur on three-dimensional shapes, only.

Initially, plate specimens were used to study the relationships between mold conditions and the shrinkage anisotropy. Shrinkage rate in the thickness direction is a few times larger. Negative correlation between injected weight and shrinkage rate in the thickness direction. From these results, molding condition changes the injected weight; injected weight varies the shrinkage rate in the thickness direction. The influence of the material compositions, talc and rubber concentration was discussed, also. The shrinkage rate in molding and transverse directions decrease near talc concentration of 10%, on the other hand, shrinkage rate in thickness direction increase sharply and above that concentration, all rates tend to be constant. Talc acts as a nucleating agent for polymer crystallization so the rate in thickness direction increases but saturates near 10%. Shrinkage rate for rubber concentration, in the in-plane direction decrease linearly and in the thickness direction increase linearly

Next, injection molded specimens with an L-shaped cross section were used to determine the relationships between the angular deformation and molding conditions and material compositions. Almost the same tendencies as anisotropy shrinkage were observed.

The strains for each sample are calculated using Hooke's law. In this case, the force that induces angular deformation is assumed to be the shrinkage difference between in the in-plane and in thickness directions. The tendencies of calculated strains are quite well consistent with measured angular deformations qualitatively.

And the last, the proposed explanation using the Hooke's is confirmed as a prediction method and successfully well coincide the calculated and measured deformation tendencies at the case for molding conditions and for material compositions

(12pt シングルスぺース 300 語程度)

別紙

専攻名	物質生産工学	氏名	高原 忠良
学位論文の審査結果の要旨			
<p>炭酸ガス排出量の抑制のため、樹脂部品化による自動車の一層の軽量化が求められている。その際に、変形抑止も重要な課題である。主要な自動車用樹脂は、ポリプロピレンに、剛性・耐熱性向上の狙いでタルクを、また、耐衝撃性のためにゴムを添加した3元系樹脂である。射出成形品の変形は、温度・残留応力・結晶化度などの物性の分布や分子や充填材の配向による収縮分布・異方性によるが、複雑な3元系樹脂での挙動までは明確になっていない。成形収縮率はこれら複雑な物理挙動を集約した、マクロ的に表現する物理量と考えられる。本研究では、立体的な形状においてのみ発現すると考えられる角部閉じ変形のメカニズムを、成形収縮率で説明するとともにその挙動を予測することを目的とした研究である。</p> <p>第1章では、この研究の背景と目的を述べている。</p> <p>第2章では、成形品の変形を説明するために本研究で取り上げた物理量の成形収縮率に関する詳細な研究成果を説明している。平板供試品を成形し、3軸方向、すなわち、樹脂の流れ方向、その直交方向、厚み方向の成形収縮率を高精度に測定することで、成形条件の影響、さらに、樹脂組成として、タルク含有量およびゴム含有量の影響を明らかにしている。さらに、SEM（走査型電子顕微鏡）による断面のモルフォロジー観察により、成形収縮率へのタルクおよびゴムの影響の考察を述べている。</p> <p>第3章では、立体的な形状でのみ発現する変形現象の詳細を把握するために、最も単純な立体的な形状の、断面がL字の供試品を用い、角部閉じ変形に対する、成形条件の影響、樹脂組成としてタルク含有量およびゴム含有量の影響を明らかにしている。さらに、把握した挙動の説明を、第2章で解明した成形収縮率の異方性により考察している。また、タルク含有量を変化させた際の角部閉じ変形の挙動が、成形収縮率の異方性と弾性率で説明可能なこと示している。</p> <p>第4章では、第3章で考察した角部閉じ変形の挙動の解釈方法を、変形量の予測手法への応用に関して記載してある。タルク含有量を変化させた系において、保持圧力の影響を予測し検証するとともに、ゴムの含有量を変化させた際の挙動ならびにその系での保持圧力の影響の予測と検証をおこなっている。さらに、普遍性を確認するために別の材料手法における成形条件予測への応用、さらに、射出成形時の変形とは異なる事象への適用検討として、成形品を加熱した際の熱膨張による変形挙動の予測への応用を述べている。</p> <p>第5章では、総括として、本研究の成果と位置づけに関してまとめている。</p> <p>これらの研究の成果は論文3報（うち1報は英文）、口頭発表3回（うち1回は海外にて英語で）と十分に公表されている。</p> <p>以上を総合的に判断し、審査委員一同は本学の規定に従い、本論文が学位論文の価値を有するとの判断のもとに合格と判定した。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>本学の規定に従い、口頭により本論文とそれに関連する分野に対して最終試験を行なった。本学位申請者は基礎的学力を有しており、未解決の課題に対しても独創的観点から実験を計画、実行し、学術的に考察することができる能力も有すると審査員一同が認めた。よって博士（工学）の学位授与に関する最終試験に合格と判定した。</p>			