

論文内容要旨 (和文)

平成23年度入学 大学院博士後期課程

専攻名 有機材料工学

氏名 太田 好則



論文題目 プラスチック射出成形品の破壊特性に関する基礎的研究

この研究では、プラスチック射出成形品の破壊特性に及ぼす内部構造や負荷条件、特にぜい性破壊を導く要因について検討し、そして、このぜい性破壊を抑制する内部構造について検討した。

射出成形によって作製されたアイソタクチックポリプロピレン(i-PP)シートにおいて、低速衝撃試験による変形と破壊の機構を明らかにするために、低速衝撃試験のストライカーの速度を変化させることによって、破壊の様式と変形の形態の変化の検討を行った。ストライカーの速度が低速のとき、シートは全面降伏を起こし大きく延性変形した後に破壊する。変形速度の増加により、破壊様式は全面降伏に至る以前に破壊するぜい性破壊の様式に変化する。射出成形シートが、延性変形からぜい性破壊に変化する転移速度は、分子量が高いほど速い速度となる。また、プレスで作製されたシートの延性-ぜい性転移を起こす変形速度は、射出成形のそれより高い値となった。射出成形シートには、試料の表面にある厚さの配向したスキン層が形成される。スキン層の配向方向とは垂直方向の応力により、この層では容易に配向方向と平行にクレイズが形成され、そこからクラックが形成された。このクラックは、試料に強いひずみの拘束をもたらすので、たとえ配向層の形成が、試料の表面のみに限られていても、このクラックの先端には高い応力集中が発生し、低速衝撃試験は試料をぜい性破壊に導く。その結果、表面に配向構造を形成する射出成形試料は、無配向の試料と比較して低い変形速度で延性-ぜい性転移が起こる。

落錘衝撃試験におけるアイソタクチックポリプロピレン(i-PP)射出成形シートのぜい性破壊は、表面配向層に形成したクラックに起因する。射出成形時の充填速度が速いほど、表面配向度が高くなる。よって、室温下でのi-PPシートへの衝撃試験において、表面にクラックが生じやすくなり、低い変位でぜい性破壊を起こす。プラスチック成形品のタフネスを改善する為に、強度の低いエラストマーをブレンドする方法が知られている。この研究では、ブロックポリプロピレン(block-PP)のエラストマーから成る分散相において、ひずみが拘束から解放される機構を検討した。低温下での落錘衝撃試験において、block-PPシートのストライカーが衝突して延伸した部分の内部構造を調査した。block-PPは、低温下での極めて速い変形速度の落錘衝撃試験において、タフネスを大幅に改善した。表面配向層で生じた塑性領域が、シート内部へと安定的に広がっていることを確認した。また、低温下での衝撃試験前後のblock-PPシートを冷凍破断し、その破断面の観察によりボイドの存在を確認した。衝撃試験前後のボイドのアスペクト比の比較から、衝撃によるボイドの形体変化が明らかとなった。

これらの結果から、ボイド間のPPが、ポアソン収縮を起こしひずみが拘束から解放された為、塑性領域が拡張したと推察する。

近年、ガラス繊維強化プラスチック(GFRP)の研究は多数行われているが、その多くが材料の高強度化を目的としている。ガラス繊維で強化された材料は、成形品の小さなキズ等を起因として、ガラスの様なぜい性破壊を起こす可能性を生じる。このぜい性破壊を防ぐ為に、成形品の構造を、塑性変形とボイド形成を起こしやすい構造にして破壊強度を改善することを検討した。ガラス繊維強化ポリカーボネート(GF/PC)複合材料に、改質剤として酸変性低分子量ポリエチレン(PE)を添加した。この混







合材料の射出成形品に外力を加えた時、GF と PC の界面で剥離と滑りが生じ、塑性変形とボイド形成を起こすと推察する。静的力学試験である一軸引張試験および三点曲げ試験では、この改質剤を添加した GF/PC 複合材料は、タフネスの改善を示した。一方、変形速度が高速である落錘衝撃試験では、改質剤を添加量の少ない 0.5wt% 添加した GF/PC 複合材料は、衝撃強度の改善を示した。各試験後の破断面の SEM 写真より、改質剤無添加の材料では、破断した多数の GF が観察され、また、改質剤を添加した材料では、マトリックスから抜け出した多数の GF が観察された。改質剤添加によって、破断を起こす以前に GF と PC は剥離を起こし、破断時に滑りによって GF が抜け出したことが明らかとなった。この機構が、静的力学試験では、タフネスの改善をもたらし、そして、落錘衝撃試験では、衝撃強度の改善をもたらしたと考えた。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 26 年 2 月 13 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 小山清人 
副査 川口正剛 
副査 松葉 豪 
副査 
副査 

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

1. 論文申請者

専攻名 有機材料工学 専攻
氏 名 太田好則

2. 論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記する。)

..... プラスチック射出成形品の破壊特性に関する基礎的研究
.....
.....

3. 審査年月日

論文審査 平成 26 年 1 月 28 日 ~ 平成 26 年 2 月 13 日
論文公聴会 平成 26 年 2 月 13 日
場所 工学部百周年記念会館セミナールーム
最終試験 平成 26 年 2 月 13 日

4. 学位論文の審査及び最終試験の結果 (「合格」・「不合格」で記入する。)

(1) 学位論文審査 合格
(2) 最終試験 合格

5. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200 字程度)

別紙のとおり

6. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

別紙

専攻名	有機材料工学	氏名	太田 好則
学位論文の審査結果の要旨			
<p>本論文は、プラスチック射出成形品の破壊特性に及ぼす内部構造や負荷条件、特にぜい性破壊を導く要因について検討し、ぜい性破壊を抑制する内部構造について明らかにした内容である。全 5 章から構成され、各章の概要は以下の通りです。</p> <p>第 1 章では、本研究の意義を社会のニーズや背景から説明し、プラスチック材料の破壊様式が、ぜい性的にならない構造の製品設計検討の重要性を説明した。そして、外部応力によって材料に蓄えられる弾性ひずみエネルギーの解放率、或いは、ボイド形成に起因するポアソン収縮によるひずみの拘束からの解放に着目し、製品にとって好ましくないぜい性破壊を抑制する構造を検討する意義を明らかにした。</p> <p>第 2 章では、アイソタクチックポリプロピレン射出成形シートへの押込試験による変形と破壊の機構を明らかにする為、ストライカーの速度を変化させて破壊様式の変化を検討した。射出成形シートの表面には配向層が形成される。層の配向方向とは垂直の応力により、容易に配向方向と平行にクラックが形成される。このクラックは試料に強いひずみの拘束をもたらすので、クラック先端に高い応力集中が発生しぜい性破壊に導く。その結果、表面に配向構造を形成する射出成形試料は、無配向の試料と比較して低い変形速度で延性-ぜい性転移が起こることが明らかとなった。</p> <p>第 3 章では、ブロックポリプロピレン(block-PP)のエラストマーから成る分散相で、ひずみが拘束から解放される機構を検討した。block-PP は、低温下での落錘衝撃試験において、タフネスを大幅に改善し、また、衝撃試験前後の block-PP シートの破断面観察からボイドの存在を確認した。衝撃試験前後のボイドのアスペクト比の比較から、衝撃によるボイドの形体変化が明らかとなった。これらの結果から、ボイド間の PP が、ポアソン収縮を起こしひずみが拘束から解放された為、塑性領域が拡張したと考えられる。</p> <p>第 4 章では、ガラス繊維強化ポリカーボネート(GF/PC)複合材料の破壊強度を改善する為、酸変性低分子量ポリエチレン(PE)の添加により、塑性変形とボイド形成を起こしやすい構造にすることを検討した。改質剤 0.5wt%添加した GF/PC 複合材料は、落錘衝撃試験による衝撃強度の改善を示した。改質剤添加によって、破断を起こす以前に GF と PC は剥離を起こし、破断時に滑りによって GF が抜け出したことが明らかとなった。この機構が、静的力学試験では、タフネスの改善をもたらした。そして、落錘衝撃試験では、衝撃強度の改善をもたらした。</p> <p>第 5 章では、本研究を総括している。ぜい性破壊の抑制には、ボイド形成によりポアソン収縮が生じ、塑性変形が安定的に起こることで材料に蓄えられた弾性ひずみエネルギーの解放率が制御できる製品設計が必要であると示唆した。</p> <p>本研究の成果は、二報の学術論文(英文一報)としてまとめており、掲載が決定されている。国際学会では 1 件の発表、国内学会では 4 件の発表を行い、成果についても十分満足できるものである。</p> <p>以上を総合的に判断し、本論文に関する研究及びその成果は、博士(工学)学位論文の研究としての水準を満足しているため、合格と認定する。</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、博士として必要とされる専門知識および研究能力を十分に備えているものと判断し、合格と判断した。</p>			