

氏 名	おがじ おにえまえち べなーど ちゅくえめか OGAZI-ONYEMAECHI, Bernard Chukwuemeka
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博 甲 第 5 8 3 号
学位授与の日付	平成 22 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専 攻	工芸科学研究科 先端ファイブロ科学専攻
学 位 論 文 題 目	INVESTIGATIONS ON THE FRACTURE BEHAVIOR AND NOTCH SENSITIVITY OF INJECTION MOLDINGS (射出成形品の破壊様相とノッチ感度に関する研究)
審 査 委 員	(主査)教授 濱田泰以 教授 西村寛之 教授 喜多泰夫 住友化学株式会社石油化学業務室主席部員 北山威夫 三菱電機(株)伊丹製作所主席技師長 藤田章洋

論文内容の要旨

高機能材料において、破壊メカニズムを正確に予測しておくことは突如の破壊を防止することに大いに繋がる。熱可塑性樹脂の破壊じん性に対する研究は多くの研究者によって検討されているが、射出成形品においてはスキン層およびコア層が形成され多層構造を有するため、破壊挙動は複雑となる。これらの構造を考慮して、V ノッチを有する場合の破壊進展挙動について報告した例は少ない。本論文では、リサイクル材も含むポリエチレンテレフタレート(PET)からなる射出成形品とガラス繊維で強化されたポリプロピレン射出成形品(GFPP 複合材料)を用いて、V ノッチおよびヘアーラインクラックを有する場合の損傷進展挙動および破壊じん性を検討した。

本論文は、全 8 章で構成されている。第 2 章ではバージン PET(V-PET)およびリサイクル PET(R-PET)からなる射出成形品の特徴について述べ、これまで明らかにされている PET 射出成形品の特性について言及している。さらに、PET においては、欠陥が損傷進展挙動に大きな影響を及ぼすことを指摘し、本研究の目的を明確にしている。さらには繊維強化熱可塑性複合材料にも視点を向け、GFPP の特性について言及している。

第 3 章と第 4 章では、V-PET と R-PET を用いて、V ノッチおよびヘアーラインクラックを有する場合の破壊メカニズムをそれぞれ検討した。PET 射出成形品の破壊挙動においてスキンコア構造は非常に重要な役割を果たしており、その破壊挙動は、スキン界面層からコア層への遷移層に影響することが明らかとなった。ノッチ深さが 1.0mm 以上で試験片の破壊強度は急激に低下することを示した。また、ノッチ深さ 0.5mm 以上で材料の力学物性を低下させる影響があることを示した。一方、深さ $5 \mu m$ のヘアーラインクラックの場合は、延性的な引張挙動を示す試験片が半延性的な挙動へと変化することが明らかとなった。これは標準的な V ノッチ材料において観察されるものよりもヘアーラインクラックの場合 PET 材料の方がクラック伝播が速いことを示唆するものであった。また、ヘアーラインクラックがある時には、V-PET において結晶化度が高いほど脆性的な破壊形態を示すことを明らかにした。

第 5 章では PET の応力拡大とノッチ感度におけるき裂先端温度の依存性について検討した。その結果、き裂先端部での温度分布とノッチ感度、本質的破壊仕事との間に相関関係があることを

示した。ノッチ付試験片を延伸した際に、延性的な破壊から脆性的な破壊形態への遷移は、R-PET よりも V-PET の方が急激に変化することを示した。一方、V-PET の場合にはスキン層は非晶質でコア層は結晶化度が高くなるために、スキンコア層の界面域で応力集中が発生し、急激な遷移を示すことを示した。

第 6 章および第 7 章では、ガラスファイバー(GF)/ポリプロピレン(PP)コンポジットの破壊靱性と衝撃強度との間の相関における PP の分子量依存性を検討した。その結果、低分子量 PP を導入したコンポジットは、高分子量 PP を入れたものと比較して非常に強い衝撃強度を示すことを明らかにした。さらに、相溶化剤として導入した無水マレイン酸グラフト PP(MA-g-PP)は、低分子量の GF/PP コンポジットで高い界面強度を示すことを明らかにした。

第 8 章では、この研究の実証成果をまとめ、さらにそれらの結論の意味するところを吟味している。

これら一連の研究において、V ノッチを有する PET 射出成形品では力学的特性および破壊メカニズムに大きく影響することを明らかにし、さらに、低分子量の樹脂を用いることで、複合材料の力学的特性が向上することを示した。

論文審査の結果の要旨

き裂を有する射出成形品の破壊挙動について、スキン層、コア層を考慮して検討している点が本論文の特徴である。き裂の存在位置によって破壊挙動の差異を明らかにしており、これにより構造と物性の関連が明確化された。また、ヘアクラックと呼ばれる微小き裂の場合にも検討しており、破壊挙動が変化すること、また、V ノッチ感度とき裂先端温度の関係を明らかにしたことは意義深い。材料については、バージン PET、リサイクル PET の両方を検討しており、リサイクル材の有効活用に、また PP においては低分子量の樹脂を用いることで、繊維強化熱可塑性複合材料の力学的特性を向上させたことは工業的に意義深い。

本論文の内容は次の 6 報に報告されており、6 報すべてにおいて申請者が筆頭著者とするものである。

- (1) Bernard Chukwuemeka Ogazi-Onyemaechi, Yew Wei Leong and Hiroyuki Hamada; Crack Propagation Behavior and Toughness of V-Notched Polyethylene Terephthalate Injection Moldings, *Journal of Applied Polymer Science*, 116, 1, 132-141 (2010)
- (2) Bernard Chukwuemeka Ogazi-Onyemaechi, Masanori Okano, Yew Wei Leong and Hiroyuki Hamada; EFFECT OF HAIRLINE CRACK ON THE TOUGHNESS OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE, SPE-ANTEC Technical Papers, 55, 2835-2839 (2009)
- (3) Bernard Chukwuemeka Ogazi-Onyemaechi, Yew Wei Leong and Hiroyuki Hamada; Dependence of polyethylene terephthalate crack-tip temperature on stress intensity and notch sensitivity, *Polymer Journal*, 42, 592-599 (2010)
- (4) Bernard Chukwuemeka Ogazi-Onyemaechi, Yew Wei Leong and Hiroyuki

Hamada; DEPENDANCE OF CRACK-TIP TEMPERATURE ON STRESS INTENSITY AND NOTCH-SENSITIVITY OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE, SPE-ANTEC Technical Papers, 56, 1827-1831(2010)

- (5) Bernard Chukwuemeka Ogazi-Onyemaechi, Yew Wei Leong, Asami Nakai, Masaya Kotaki and Hiroyuki Hamada; Effects of Molecular Weight of Polypropylene on the Correlation Between Fracture Toughness and Mechanical / Impact Properties of GFPP Composites, *Polymer and Polymer Composites*, 17,9,563-573(2009)
- (6) Bernard Chukwuemeka Ogazi-Onyemaechi, Yew Wei Leong and Hiroyuki Hamada; Effects of hairline cracks on the fracture behavior of polyethylene terephthalate injection-molding, *Polymer Journal*, in press

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と独創性、さらに工業的な意義があり、博士論文として優秀であると審査員全員が認めた。