

# 論文内容要旨 (和文)

平成 19年度入学 博士後期課程

専攻名 物質生産工学

氏 名 安田 浩

④

論 文 題 目 ガラス長繊維強化ポリフェニレンスルフィド射出成形体のタフネス発現機構

弾性率の改善を目的として、ガラス、炭素等の高弾繊維の樹脂中へのブレンドが行われている。一般的に広く使用されているガラス短繊維強化 PPS のように弾性率が高く変形しにくい材料においては繊維によりひずみが強く拘束されるので、蓄積された弾性ひずみエネルギーが大きくなる。そのために微小なボイドやクラックといった欠陥が発生すると急激にその伝播が起こり脆性的に破壊するのでそのタフネス低い。このことがガラス短繊維強化 PPS を大型の成形品に適用することを難しくしている。しかしながら、ガラス長繊維強化を行うことは繊維の量や配向によって決まる補強効果に加えて、繊維長が長くなることによってひずみの拘束を開放する際に生成する「ガラス繊維のすべりや引き抜きによる欠陥の安定化」がなされ、不安定な変形が抑制される効果が期待できる。本研究では、今後さらに強まっていく「環境対応が進む自動車の軽量化」を背景に、破壊挙動が明確化されていないガラス長繊維強化ポリフェニレンスルフィド(PPS/LFT)の基本的破壊挙動および製品の破壊モデルを明確にし、長繊維強化によるタフネス改善の指針を提示することを目的とする。

第 2 章ではガラス繊維の配合量がタフネスに及ぼす効果について検討した。ガラス繊維配合量を増加させると引き張強度と破壊エネルギーの大ききの推移はガラス繊維配合量が約 30vol%を極大を持つことが明らかになった。特に破壊エネルギーの大ききについてガラス短繊維強化ポリフェニレンスルフィド (以下 PPS/SFT) の場合と比較すると PPS/LFT の方が大きな破壊エネルギーで破壊し、ガラス長繊維強化によってタフネスが向上することを示した。射出成形した成形品でガラス繊維はその表面では流動方向に配向し、内部では成形品の厚み方向に配向した構造を持つ。引っ張り試験における強度は表面での配向層の厚さに依存し、一方、タフネスは試料内部のはく離によるひずみの拘束の解放の程度に依存することを明らかにした。

第 3 章ではガラス繊維の長さ変化に伴うタフネスについて検討した。ガラス繊維長さの増加は引張強度を低下に導くが、破壊エネルギーはガラス繊維の増長に伴い増大していくことが分かった。繊維長の増長は繊維間の接触による相互作用の大ききを増加させるので複合材料の熔融粘度の増加をもたらす。その結果、繊維の配向が強いスキン層の割合が減少するため引張破壊強度は低下していく。しかしながら、切削加工によってU型ノッチを付した曲げ試験におけるタフネスはガラス繊維長さが長くなるほど大きな値を示した。ノッチ先端にはランダムに配向した構造があり、最大主応力に対して垂直方向の繊維界面で容易に剥離が起きる。そこから始まる剥離は繊維に沿って伝播し、繊維が最大主応力方向に向いた部分では、樹脂と繊維の界面間の滑りによる繊維の引き抜きを起こす。繊維長が長いほどこの引き抜きは大きなエネルギーを吸収することが可能なので、それはタフネスの発現に寄与している。

第 4 章では成型品におけるガラス繊維の配向状態の分布がタフネスに及ぼす効果について検討した。検討は成形ノッチをつけた試験片と切削加工ノッチをつけた試験片の破壊エネルギーを比較により実施した。その結果、破壊エネルギーはガラス繊維の長さと同分散形態、すなわち成型品表層部の流動方向にガラス繊維が配向し

た部分（スキン層）と成形品内部の流動方向に対して垂直方向に配向した部分（コア層）におけるガラス繊維長さの影響を受けて繊維長が長いほど大きな値をとることを示した。すなわち、成形ノッチでは、ガラス繊維が長いほど明確に亀裂の伝播が始まる最大荷重点までの破壊エネルギーが大きくなり、その後の亀裂進展はガラス繊維長の増長に伴い抑制されることを示した。これは成形品中に存在するガラス繊維が長いほど、繊維が受け持てる力が大きくなるため、繊維界面での滑りによる樹脂／繊維間に働く摩擦抵抗が大きくなり、結果的にガラス繊維の引抜き抵抗が大きくなるためである。それは最大荷重までの破壊エネルギーが増大させ、タフネスの改善に寄与する。

第5章では以上の結果をまとめて総括した。強度、耐熱性、耐薬品性に優れた特性を持ちながらも脆性的な特性が強く現れるために大型の製品、特に製品強度が要求される自動車部材などに使用することができなかったガラス繊維強化 PPS のガラス繊維長を長くすることにより製品破壊で問題となる応力集中部での破壊抵抗を大きくすることができ、結果的に製品のタフネスを向上させうることを示すことができた。この「大型製品への PPS / LFT 高破壊靱性材料の適用」は、自動車部材、特にエンジン周りの部材等の樹脂化検討の加速と部材のモジュール開発の推進力となりえる自動車の軽量化の為のひとつの方策となり、燃費削減や近年普及が広まってきたハイブリッドカー等の性能向上などのさまざまな用途展開につながる基礎技術となることを示すことが出来た。

# 論文内容要旨 (英文)

平成19 年度入学 博士後期課程

専攻名 物質生産工学

氏 名 安 田 浩

論 文 題 目 The toughening mechanism of injection molded Long Glass Fiber Reinforced Polyphenylene-sulfide

The improvement of toughness of Long Glass Fiber Reinforced Polyphenylene-sulfide(PPS/LFT) was investigated. It was found that mechanical properties were determined by the content, the length and morphology of a glass fiber. Especially, the effect of the glass fiber length and orientated area for toughness was remarkable.

The toughness of PPS/LFT was excellent in the molding V notched specimen in comparison with the cutting V notched specimen. By observing the fracture morphology of the molded V notched specimen, it was found that the cracks generated two kinds of forms. When the average length of the glass fiber was short, the crack was generated by the pulling out fibers from the matrix at the notch tip because of the low stress of pulling out. Because the energy or the stress of pulling out of the glass fiber from the matrix polymer increased with increasing fiber length, when the average length of the glass fiber became longer, the crack generated at the interface of the resin and fiber at the sides of the notch by debonding. Both the maximum bending moment and the fracture energy increased with increasing the length of the glass fiber, because the resistance of pulling out of the fiber from the matrix polymer was increased with the increase in fiber length. In the case of PPS/LFT, it is concluded that toughness is improved because the slip between the fiber and the resin occurs before the excessive elastic strain energy is stored..

- (注) ① タイプ, ワープロ等を用いてください。12ptシングルスペース300語程度とします。  
② 論文題目も英文としてください。