

氏名	ひさくら ゆうき 久蔵 勇樹
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	博甲第899号
学位授与の日付	平成30年9月25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 先端ファイブ科学専攻
学位論文題目	ベント式射出成形法における可塑化工程の解析と繊維強化成形品の機械物性評価
審査委員	(主査)教授 西村寛之 教授 鋤柄佐千子 教授 森田辰郎

論文内容の要旨

熱可塑性プラスチックの射出成形加工では樹脂熔融時に発生する揮発成分が様々な成形不具合を引き起こす原因であることが知られている。そのため、成形前の樹脂の除湿乾燥や金型のメンテナンス等が準備工程で必要になり、射出成形加工の生産性を悪化させている。ベント式射出成形法は、射出成形機の可塑化シリンダーの中央部に脱気口(ベント口)を有するシリンダーを使用した成形方法で、脱気口より樹脂から発生するガスや水分を樹脂熔融の工程で脱揮する。樹脂部品の大幅な生産性向上や品質向上の効果が期待されている。また、この脱気口より繊維材料を直接投入する手法(DFFIM: Direct Feeding Fiber Injection Mold)による樹脂部品の機械的強度制御も期待されている。本研究では、ベント式射出成形における可塑化工程の数値解析とDFFIMにより成形したガラスファイバー/カーボンファイバーのハイブリッド複合材料の強度評価を行うことを目的とした。

第1章では、本論文の目的および構成について述べた。

第2章では、ベント式射出成形の可塑化工程の充填率の予測を行うため、可塑化工程の熔融樹脂の挙動をシミュレーションと実験により検証した。まず、流動解析により得られたスクリー内の応力分布よりスクリー内の樹脂の充填率を求めた。また、実験ではスクリー回転数、樹脂の供給量を変化させて、ベントUPする条件を確認し、スクリー内の樹脂の充填率を調べた。数値解析と実験により調べた樹脂の充填率は概ね一致しており、シミュレーションにより充填率やベントUPの条件を予測できることが分かった。

第3章では、ベント式射出成形のシリンダー内可塑化工程における脱揮効果の検証を実施した。脱揮に影響を与える成形条件パラメーターを抽出し、ナイロン(PA6)の引張強度を脱揮効率の代替特性として品質工学の考え方をを用いて検証を行った。吸水したナイロンを通常成形すると、加水分解により物性が低下するが、ベント式射出成形では、脱揮の効果により、物性低下を抑制できる。また、品質工学による成形条件パラメーターの最適化の結果、樹脂の供給量を減らし、バレル温度を高く設定することにより、安定した引張強度を発現させることができることが分かった。

第4章では、脱揮現象をシミュレーションと実験により検証した。数値解析では表層脱揮モデ

ルにて脱揮効率を求めた。実験ではポリエチレンに n-ヘキサンを含浸させて、ペレットと成形品の n-ヘキサンの含浸量を比較し脱揮効率を算出した。結果、両者の傾向が一致することが分かった。

第 5 章および第 6 章では、繊維直接投入法 (DFFIM: Direct Feeding Fiber Injection Mold) によるガラスファイバー/カーボンファイバーアクリロニトリルブタジエンスチレン (ABS) 複合材料の機械的特性とコスト優位性について検討した。実験では ABS を用いて、ガラスファイバー、カーボンファイバーのそれぞれの ABS 複合材料、ガラスファイバー/カーボンファイバーのハイブリッド ABS 複合材料を DFFIM にて成形して、機械的特性を比較した。その結果、ガラスファイバー ABS 複合材料およびカーボンファイバー ABS 複合材料の繊維含有率がある値を超えると、機械的強度が向上しないことが分かった。これは繊維の凝集によると考えられる。また、ガラスファイバー/カーボンファイバーのハイブリッド ABS 複合材料は、カーボンファイバー ABS 複合材料と比較して、カーボンがスキン層に多く存在するためにカーボンファイバー ABS 複合材料と同等の引張特性や曲げ特性を有し、低コストで製造できることが分かった。

また、第 7 章では曲げ試験片の破断面をスキン層とコア層に分けて、ガラスファイバーとカーボンファイバーの繊維含有量と配向比率を測定して、その結果を用いて複合則や積層理論から曲げ弾性率の予測を行った。計算結果は、実測値と相関することが確認できた。

第 8 章では、本研究で得られた知見をまとめた。

論文審査の結果の要旨

本論文ではベント式射出成形法における溶融樹脂の可塑化工程の解析と可塑化シリンダーの中央部の脱気口から繊維材料を直接投入する手法 (DFFIM: Direct Feeding Fiber Injection Mold) による繊維強化成形品の機械物性評価を実施した。従来、ベント式射出成形法は樹脂毎に経験的に成形条件を定めて、限定して使用されてきた。本研究では、シミュレーションの結果を実験的に検証しながら、可塑化工程の溶融樹脂の充填率を把握してベント UP しない条件を予測することが可能になった。また、ノズル側の圧力上昇に着目して、スクリー回転数や樹脂の供給量を最適化した。また、品質工学による成形条件パラメーターを最適化することにより、樹脂中の水分の脱揮効果を効率的に発現させた。これら一連の研究結果は学術的に新規性があり、工業的にも価値が高いと考えられる。更に DFFIM によるガラスファイバー/カーボンファイバー ABS 複合材料の機械的特性とコスト優位性について検討した。実験では ABS を用いて、ガラスファイバー、カーボンファイバーのそれぞれの ABS 複合材料、ガラスファイバー/カーボンファイバーのハイブリッド ABS 複合材料を DFFIM にて成形して、機械的特性を比較して、各種配合条件による違いを詳細に調べており、エンジニアリングデータとして価値が高い。また、ガラスファイバー/カーボンファイバーのハイブリッド ABS 複合材料は、カーボンファイバー ABS 複合材料と比較して、カーボンがスキン層に多く存在するためにカーボンファイバー ABS 複合材料と同等の引張特性や曲げ特性を有し、低コストで製造できることが分かった。このことによりガラスファイバー/カーボンファイバーのハイブリッド ABS 複合材料の実用性を検証でき、工業的に価値が高いと考えられる。これらの知見によりベント式射出成形法の幅広い普及が期待できて、工業的に大変意義があり、学術的な観点からも評価できる。

本論文の内容は査読システムが確立した次の学術論文 1 報および査読付きプロシーディング 3 報に掲載されており、4 報すべてが申請者を筆頭著者とするものである。また、二重投稿等の研究者倫理に反することがないことを確認した。

(学術論文および査読付きプロシーディング)

1. HISAKURA Yuuki, HISAMITSU Isamu, SUGIHARA Makoto, TANIFUJI Shin-ichiro, HAMADA Hiroyuki, “MATERIAL BEHAVIOR OF THE PLASTICIZING CYLINDER IN THE INJECTION MOLDING OF THE VENT TYPE”, International Polymer Processing, Issue 5, pp.1-10(2018) DOI:10.3139/217.3572
2. Hisakura Yuuki, Kawakubo Mitsuhiro, Kitahara Kenichi, Sugihara Makoto, Hamada Hiroyuki, “OPTIMIZATION OF THE DEVOLATILIZATION PROCESS IN THE INJECTION MOLDING CYLINDER”, SPE-ANTEC Anaheim 2017, pp.1566-1570(2017)
3. HISAKURA Yuuki, KITAHARA Kenichi, SUGIHARA Makoto, IMAJO Akihiko, HAMADA Hiroyuki, “MECHANICAL PROPERTIES OF GF/CF HYBRID ABS COMPOSITE BY DFFIM”, Proceedings of International Mechanical Engineering Congress & Exposition, ASME2016, IMECE2016-66280, (2016)
4. Hisakura Yuuki, Kitahara Kenichi, Sugihara Makoto, Imajo Akihiko and Hamada Hiroyuki, “Mechanical Properties of Composite Compounded with ABS(GF) and CF by DFFIM”, Key Engineering Materials, ISSN:1662-9795, Vol.728, pp.240-245(2017)

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。