

1. 論文題目 (和文)

Thesis Title (Japanese)

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

2. 論文題目 (英文)

Thesis Title (English)

Analysis of Plasticizing Process and Evaluation of Mechanical Properties of Fiber Reinforced Composite in Vent Type Injection Molding

3. 論文要旨 (和文 2,000 字程度)

Thesis Abstract (approx. 2,000 Japanese characters)

熱可塑性プラスチック射出成形加工は様々な製品に適用されている。熱可塑性プラスチック射出成形加工では樹脂溶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となることが知られている。また、それだけではなく、成形不具合を発生させない為の成形前の材料乾燥や金型メンテナンスなど成形する為の準備工程が定常化されており、生産性の悪化させている。ベント式成形は射出成型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あり、樹脂から発生するガスや水分を樹脂の溶融する工程にて脱揮することで、上記課題に対して大きい効果がある。しかし、この成形方法は従来からある成形方法ではあるが、ベント口から樹脂漏れや材料替えの悪さなどの課題があり、あまり普及しなかった。しかし、近年、この課題が解決され、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つつある。また、本成形法を活用した新たな成形法として、ベント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強度制御も期待されている。しかし、本成形法の理論的な研究はされていなく、本研究ではベント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のテーマについて検証を行った。

可塑化工程の数値解析ではベント UP の要因分析を行う為、ベント式成形のシリンダー可塑化工程における樹脂の挙動について、実験とシミュレーションにより検証を行った。数値解析では、流動解析により得られたスクリュー内の圧力分布よりスクリュー内の充満率を求めた。実験ではスクリュー回転、及び樹脂の供給量を変化させて、ベント UP する成形条件を確認し、スクリュー内の樹脂の充満率を確認した。数値解析と実験における充満率は概ね合致しており、シミュレーションで充満率を予測することが可能であり、ベント UP を予測できることが確認

できた。

次にベント式成形のシリンダー可塑化工程における脱揮効果の検証を実施した。脱揮に影響する成形条件パラメーターを抽出し、ナイロン材料(NA6)の引張強度を脱揮効率の代替特性として、品質工学を用いて検証を行った。吸水したナイロン材料を通常成形した場合、加水分解により引張強度は物性低下するのに対し、ベント成形では、ベント口からの脱揮効果により、物性低下を抑制できる。しかし、ベント成形では、通常成形の乾燥ペレットの引張強度バラつきと比較した場合、通常成形品(乾燥材料)に対して、引張強度バラつきが大きいことが分かった。そこで、品質工学によるパラメーター最適化の結果、樹脂に与える熱量のコントロールの為、フィーダーの供給量を少なくし、バレル温度を高く設定することにより、引張強度バラつきは、ベント成形では通常成形の乾燥ペレットより安定した引張強度を発現させることができるとわかった。更に脱気現象について、実験とシミュレーションにより、検証を行った。脱揮効率の実験ではポリエチレンに n-ヘキサンを含浸させ、ペレットと成形後の成形品において n-ヘキサンの含浸量を比較し、脱揮効率を算出した。数値解析においては表層脱揮モデルを構築し、シミュレーションを実施した。数値解析と実験は傾向が一致していることが確認できている。

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に関する研究では、DFFIM の特徴である材料処方自由度に着目した検討を行った。炭素繊維強化樹脂は、少ない炭素繊維含有量で優れた引っ張りおよび曲げ特性を有する。しかし、炭素繊維は高価であり、特定の自動車や航空業界など特定の業界でしか採用できていない。一方、ガラス繊維強化樹脂は、繊維含量を増加させることによって機械的特性の改善することができ、コストも比較的 low コストで入手可能で、様々な業界で採用されている。しかし、機械的特性の向上には限界があり、炭素繊維強化樹脂ほどの機械的特性を発現することは不可能である。このような課題を解決する為に、直接繊維供給射出成形(DFFIM)により、ガラス繊維と炭素繊維のハイブリッド複合材料の機械的特性とコストの関係性について研究した。実験ではアクリロニトリルブタジエンスチレン(ABS)を用いて、ガラス繊維(GF)、炭素繊維(CF)それぞれの複合材料と、ガラス繊維(GF)、炭素繊維(CF)ハイブリッド複合材料を製造した。GF/ABS 複合材料、CF/ABS 複合材料およびハイブリッド GF/CF/ABS 複合材料の機械的特性を比較するために、引っ張り曲げおよびアイゾット衝撃試験を行った。さらに、各複合材料のコスト優位性をそれらの機械的特性と比較した。結果から、炭素繊維の添加は、ハイブリッド複合材の引っ張り、曲げおよび衝撃特性を改善した。ハイブリッド GF/CF/ABS 複合材は、CF/ABS 複合材と比較して引っ張りおよび曲げ特性において同等の改善を示し、ハイブリッド複合材は、CF/ABS 複合材の同様の機械的特性と比較して low コストで製造することができることを確認した。更に、DFFIM にてガラスファイバー(GF)とカーボンファイバー(CF)のハ

イブリット複合材料の試験片を製造し、曲げ試験を実施した。曲げ試験片の破断面をスキン層とコア層に分けて、ガラス繊維とカーボン繊維の繊維含有量と配向比率を測定し、その結果を用いて、複合則及び積層理論により、曲げ弾性率の予測を行い、実験値との相関を得ることが確認でき、その妥当性を示した。