

プラスチックカップの圧縮成形解析と成形荷重の低減に関する研究

鷺崎, 俊朗

<https://doi.org/10.15017/1500687>

出版情報：九州大学, 2014, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 鷺崎 俊朗

論 文 名 : プラスチックカップの圧縮成形解析と成形荷重の低減に関する研究

区 分 : 甲・乙

論 文 内 容 の 要 旨

圧縮成形の数値解析の研究はその多くが平行平板の圧縮の研究であり、カップ成形品の圧縮成形の数値解析の研究は殆どない。カップ成形品は軽量化の為に、厚みが薄くなる傾向は今後も続くことが予想されるが、成形荷重が増加して既存の設備での対応が難しくなる事態が生じている。そこで、熔融体を圧縮成形して容器に成形するまでの過程に対してコンピュータによる数値解析を行い、メカニズムの解明をする必要がある。

熔融体はコア金型の下降により圧縮され、コア金型の中央から側壁部へ移動するが、側壁部では、圧縮と同時に金型の移動によるせん断を受ける。側壁部において、平行平板の圧縮では発生しない金型が移動する向きに対抗する樹脂の流れが、カップ成形では発生する。側壁部を通過した後に、樹脂はフランジ部で再び圧縮を受ける。成形の側面からみると、底部、側壁部、フランジ部を有するカップの圧縮成形であれば、カップ成形品に対する圧縮成形の本質は失われないと考えられることから、基本形状のカップにて圧縮成形解析を実施した。圧縮解析では、メッシュを繰り返し修正しながら、適切なメッシュサイズで計算する方法を考えた。また、カップの圧縮成形の成形荷重についてコンピュータによる数値解析結果と実験値を比較した結果、おおむね一致しているが、厚みが薄くなる 2mm 以下で実験結果に比べて解析結果の方が高くなった。

実現現象を表すモデルとして、成形荷重に対する各要因の重み付けを行った、成形荷重に影響を与えると思われる要因として、形状、境界条件、操作条件について成形荷重への影響を調べた。

コア金型の下降速度、金型温度、金型から樹脂へ熱伝達係数、金型滑りについては、成形荷重への影響がほとんどないことが分かった。これに対し、熔融体を金型上に載置している時間が長いと荷重が上昇することが分かった。

境界条件と操作条件では成形荷重の低減が見込めないことから、初期熔融体の形状について検討した。厚み一定の円盤状のシートの場合は、コア金型とキャビティ金型の間で樹脂が縦方向に延伸を受け、カップ成形品の側壁部の厚みが、底部及びフランジ部に比べて極薄になることが分かった。外側が厚く内側が薄い厚み分布を持つ初期熔融体の場合は、厚みを増やした部分の樹脂がコア金型とキャビティ金型に接触して移動が拘束され、極端に厚みが薄い側壁部が形成されることが分かった。中間部の厚みを増やした形状の場合は、成形時に中間部の樹脂がコア金型によって絞り成形され、キャビティ金型との間でせん断を受けながら側壁部を形成され、ステップ状の熔融体形状が成形品にそのまま残ることが分かった。中間部の厚みが連続的に変化する形状の場合は、内側に配置された樹脂の形状が成形体の一部として残ることが分かった。ブランク抑えを用いることで、コア金型の下降によるフランジ部の樹脂の引込みが抑制された。円柱塊の形状をした初期熔融体を圧縮した場合と比較して、中間部の厚みが厚い厚み分布を持つ初期熔融体の圧縮成形の方が成形荷重が著しく低下することが分かった。

最後に検討結果の妥当性を確認するために、解析で得られた最適な初期形状に対して実験を行い、成形荷重の測定を行った。その結果、成形荷重が著しく低減した結果が得られた。

本論文の構成は以下のとおりである。

第1章では、研究の背景、意義、論文の内容と既往論文について解説し、本研究の目的、位置付けを明確にした。

第2章ではカップ成形品の圧縮成形解析及び実験の報告例が少ないことから、カップの圧縮成形の問題解決に有効なツールとなり得る解析プログラムについて、解析の仮定、解析モデル、考慮した方法について解説した。特に、解析にて新たに取り入れた適切なメッシュのサイズの決め方とカップの圧縮成形解析の精度について述べた。また、本研究での成形条件（圧縮速度、樹脂温度、圧縮が始まるまでの時間、圧縮保持時間）、装置条件（金型形状、金型温度）、材料特性条件（樹脂の粘度特性、せん断速度依存性、粘弾性物性、熔融温度以下の熔融体の粘度、熱伝導率 比熱）などについて説明し、これらの条件の成形荷重への影響を調べた結果を述べた。

第3章では、圧縮成形の成形荷重低減について有効な方法として、初期熔融体の形状の影響について調べた結果をまとめた。初期熔融体形状を変えた解析結果から、成形過程の樹脂挙動とそれから発現する成形荷重を詳細に検討し、成形荷重が大きく低減できると期待される初期熔融体形状を模索した。

第4章では、第3章にて検討した最適な初期熔融体形状を用いて成形実験を行った。実験に用いた金型、成形条件などを説明し、得られた成形荷重の実験結果について考察した。

第5章では、本論文全体についての総括を行い、更に今後の課題と展望について説明した。