

## 論文内容の要旨

氏名 金子 智

くさび刃と面板を合せた加工法であるくさび押抜き加工は、金属材料や電子機器関連部品をはじめ包装用板紙や粘着製品のような薄く柔軟な材質に対して多く利用されている。この加工方法は、不適切な刃先形状の選定や刃先端の摩耗、潰れによる刃先形状の変化によってダレやバリ等の切断面形状の悪化や部分的な未切断箇所が生じるなどの切断不良が問題となる場合が多い。これに対して、刃先形状および被加工材との摩擦係数、被加工材の材料物性に起因する切断特性などに着目した多くの研究が報告され、弾塑性材料の切断特性を説明するのに十分な検討が行われている。

粘弾性特性を有する粘着製品のくさび押抜き加工においては、粘着剤の濡れ性や積層界面の剥離挙動に起因した特有の切断不良が生じることが広く知られている。しかし、粘着製品の切断不良に関しては、生産現場での経験的な知見を基に対策を講じているのが現状であり、学術的なアプローチは十分に行われていない。

本論文では、粘着製品のくさび押抜きにおける課題を考慮し、中間層の粘着剤を上下層のプラスチックフィルムで挟み込んだ積層フィルムのくさび押抜き加工において、プラスチックフィルムの機械的特性の異方性と粘着剤の粘弾性特性および切断方向や刃先角度などの加工条件が粘着フィルムの切断特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、くさび刃が受ける応答荷重および被加工材の変形状態を実験および有限要素解析により明らかにした。本論文は段階的な検討として、(1) 面内および面外方向に異方性を有するポリエチレンテレフタレート (PET) フィルムの切断特性、(2) くさび押込みにおけるアクリル系粘着剤の材料物性の推定および変形挙動、(3) 上下層の PET フィルムで粘着剤を挟み込んだ積層フィルムのくさび押抜き特性と加工条件が及ぼす影響をそれぞれの章としてまとめた構成となっている。

第 1 章「緒論」では、粘着製品の概要とくさび押抜き加工で生じる不具合に関して述べ、くさび押抜きにおける従来の研究状況を概観し、本研究の目的と構成を示した。

第 2 章「くさび押抜きにおけるプラスチックフィルムの切断特性に及ぼす異方性の影響」では、面内および面外方向に異方性を有する PET フィルムのくさび押抜きによる切断特性を明らかにすることを目的として、切断方向に対する応答荷重および変形状態、切断面形状の関係を実験的に調査し、摩擦係数の違いや下敷きの変形の影響を有限要素解析により比較した。これらの検討から、異方性によって生じる切断方向による切断特性の違いが引張物性および摩擦係数によって特徴づけられることを明らかにした。

第 3 章「くさび押込み過程での粘着剤の粘弾性特性の推定と変形状態の予測」では、アクリル系粘着剤のくさび押込み過程における変形状態を明らかにすることを目的として、粘着剤のくさび押込みに対する応答荷重と変形状態を実験および有限要素解析により評価した。粘着剤の材料物性として、せん断応力緩和試験により応力緩和特性を実測し、面外圧縮試験とそれに対応する有限要素解析により瞬間弾性率を推定した。くさび押込みに関する実験および解析結果から、押込み率約 40% の範囲において押込み速度や刃先形

状が変更となった場合でも切断特性がよく一致することを示した。さらに、粘着剤の見かけの降伏限界が変形状態及び内部応力状態に影響することを明らかにした。

第4章「粘着フィルムのくさび押抜きに及ぼす加工条件の影響」では、中間層のアクリル系粘着剤を上下層のPETフィルムで挟み込んだ積層フィルムの切断特性を明らかにすることを目的とし、積層界面を接着した積層構成で刃先角度に対する応答荷重および変形状態の関係を評価した。積層フィルムのくさび押抜き過程では、応答荷重にPETフィルムの切断挙動に関連した2つの極大点が生じた。第1極大点に達するまでは粘着剤層の圧縮流動変形が支配的であり、極大点付近では刃先直下の粘着剤層が十分に除去されることから、PETフィルムの切断特性と同様の傾向を示すことを明らかにした。これらの関係は、異なる刃先角度に対しても同様の挙動を示し、刃先角度が増加するほど、応答荷重および反り上がり変形が増大することを明らかにした。なお、剥離材を有する積層フィルムについても切断特性を評価した結果、反り上がり変形に起因した積層界面の滑りあるいは剥離が生じ、応答荷重や反り上がりが全体的に低い値を示すことを明らかにした。

第5章「結論」において、本研究で得られた結果をまとめ、今後の課題を述べた。

以上本論文では、粘着フィルムのくさび押抜き加工において、プラスチックフィルムの機械的特性の異方性と粘着剤の粘弾性特性および切断方向や刃先角度などの加工条件が切断特性に及ぼす影響を明らかにした。これらの研究成果は生産現場において不具合の発生を防止する加工条件の選定に活用されると期待される。