Cutting Characteristics of Aluminum Foil Stacked on Pressure Sensitive Adhesives Subjected to Two-Line Wedge Indentation

○学 大和田光宏（長岡技大・院） 正 永澤 茂（長岡技大）
福澤 康（長岡技大） 鈴木 茂和（福島高専）

Mitsuhiro OHWADA, NUT, 1603-1 Kamitomiokamachi, Nagaoka, Niigata

Shigeru NAGASAWA, ditto

Yasushi FUKUZAWA, ditto

Shigekazu SUZUKI, Fukushima national college of technology

Key words: shear, cutting, sheared profile, aluminum foil

1. 緒言

近年、急速に普及しているスマートフォンなどのモバイル端末やコンピュータ、携帯ゲーム機などの電子機器の筐体内および液晶周辺には、静電気対策と電磁シールドの目的で金属箔（アルミ及び銅）／糊／板紙構造体の粘着テープが使用されている。

また、絶縁やスペーサーなどの用途としては樹脂／糊／板紙構造体の粘着テープが使用されている。電子機器などの高精度化や微小化によって、これらのテープの加工には、より精密できれいなものが要求されている。

しかし、これらは糊の上に金属箔や樹脂シートが載っているため、製品として加工した際に糊のはみ出しや切断面のダレなど糊の影響が問題となり、その加工条件は作業者のノウハウによるものとなっている。

これらの構造体の加工条件について、切断特性を評価し最適な切断条件を検討することが必要である。そこで本研究では、アルミ箔／糊／板紙構造体の加工特性と切断速度との関係を実験的に解析した。

2. 実験方法

Fig.1 に実験装置の概要を示す。試験片を面板上に上から押さえた状態で固定し、切刃を下降させ切断実験を行った。

試験片は、アルミ箔(0.08mm)、糊、板紙(0.115mm)から構成されるシールド用片面粘着テープ AL7080（試験片厚さ $t=0.2297\text{mm}$ ）を長さ40mm×幅20mmの矩形状に切り出した。

切刃は、トムソン刃（刃先角度 $\alpha=42^\circ$ ）を用意し、試験片を切断した際に切刃に付着した糊の影響を無くすため、実験毎に刃部をアルコールで洗浄し糊を除去した。

切断速度 $V=0.025, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 1.0\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ の各々の速度で単位長さ当たりの押込み力（線荷重） $f/\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ と、切刃の押込み変位 c を試験片の厚さ t/mm で除した無次元押込み変位 c/t を評価した。

各条件で 10 回の実験を行い、上層の箔が完全に切断されるまで切刃を押し込んだ。結果として $c/t<0.8$ まで切刃の定速度押し込みを行った。

切断後、試験片の切断面の様子を CCD カメラで観察し、画像より切口断面の残留反り角度 $\theta\text{ w}^\circ$ を測定した。

Fig.1 Schematic diagram of pushing test apparatus

3. 実験結果と考察

Fig.2 に切断速度 $V/\text{mm}\cdot\text{s}^{-1}$ を変えたときの荷重応答を示す。また、Fig.3 に V と単位長さ当たりの最大切断力（極大線荷重） $f_{\text{peak}}/\text{N}\cdot\text{mm}^{-1}$ とその位置 $c_{\text{peak}}/t\%$ との関係を示す。

Fig.2 Relationship between cutting force and indentation displacement with respect to indentation (velocity)

Fig.3 Relationship between line load peak and indentation c_{peak}/t (samples numbers $n=10$)

Fig.4 Relationship between velocity and gradient

Fig.2 より, V と荷重応答の関係では, 各々の切断速度においても荷重は, 安定した立ち上がりとなっていることが分かる。

しかし, $V < 0.20 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ では, $c/t = 10 \sim 20\%$ で荷重の変曲点が見られる。この変曲点については, $c/t = 10 \sim 20\%$ の値が試験片の糊の厚さに相当するため, $V < 0.20 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ の低速域では, 糊の変形が始まり潰れるまでの挙動が荷重応答に変曲点として表れると考えられる。

Fig.3 より, 極大線荷重 f_{peak} と V の関係を見ると, f_{peak} が V の増加とともに減少する傾向が見られる。

しかし, 曲的にうねる変動がある可能性があり, これについては, V の間隔をさらに小さくし分解能を上げて検証する必要があると考える。

また, Fig.2 より f_{peak} 後の勾配の絶対値が V とともに減少傾向にあることが確認できる。この傾き $df/d(c/t) / \text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$ と V の関係を Fig.4 に示す。極大点より前半の傾きについては, $c/t = 20\%$ から f_{peak} の 90% の位置で計算を行い, 後半の傾きについては, f_{peak} から最も f が減少した位置で計算を行った。

結果より, V の増加とともに勾配の絶対値が減少し, 抵抗が増加していることがわかる。この抵抗増加の要因として, 糊の流動が考えられるため今後さらに詳細な現象を追求する必要がある。

応答全体の加工仕事を評価するため $E_c = \int f d(c/t)$ を求めた。 E_c の計算では, f_{peak} 後にあきらかに荷重が下がった速度域までを計算した。

その結果, V に対してほぼ一定となった。このことから切断仕事は, V に対してほぼ一定である。

Fig.5 Measuring method of θ_w°

Fig.6 Relationship between cutting velocity and permanent wear angle θ_w

切断面の切り口断面の残留反り角度 θ_w をマイクロスコプで撮影した画像から Fig.5 に示す方法で測定し, その平均と V との関係をもとめたものを Fig.6 に示す。

Fig.6 より, $V = 0.3 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 付近で θ_w が極小傾向を呈すると同時に, 荷重応答における極大破断後の減衰傾向が残存する挙動へ遷移していることがわかる。

4. 結言

刃先角度 $\alpha = 42^\circ$ のトムソン刃で, アルミ箔/糊/板紙から構成される構造体を切断速度 $V = 0.025 \sim 1.0 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ の範囲で変化させて実験を行い, 切断線荷重 f と切刃の押込み変位 c/t との関係を解析した結果, 以下のことが明らかとなった。

- (1) $V < 0.20$ の低速域では, $c/t = 10 \sim 20\%$ で荷重の変曲点が見られる。 $c/t = 15\%$ 付近では糊の厚さに相当するから, 糊の変形が始まり潰れるまでの挙動が荷重応答に影響を与えていると考えられる。
- (2) 極大線荷重 f_{peak} と V の関係を見ていくと, f_{peak} が V の増加とともに減少する。しかし, 低速領域ではうねる傾向が見えるため, V の間隔をさらに小さくし分解能を上げて検証する必要があるとわかった。
- (3) f_{peak} 後の勾配の絶対値が V の増加とともに減少することから, 抵抗が増加していることがわかる。この抵抗増加の要因として, 糊の流動抵抗が考えられる。
- (4) $V = 0.3 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ 付近で残留反り角度 θ_w が極小傾向を呈すると同時に, 荷重応答における極大破断後の減衰傾向が残存する挙動へ遷移している。これより θ_w に対する極大荷重後の残留減少の影響は顕著であると見受けられる。
- (5) θ_w の V との依存関係が極在する傾向がある。今度さらに詳細な現象を追求する必要がある。

引用文献

- 1) ソニーケミカル&インフォメーションデバイス株式会社, <http://www.sonymcid.jp/products/mc2/al7080.html>