

レーザ加工による詰め替え用 スタンドパウチの易開封性化

清水孝二* 林一好* 三田浩三*

Studies on Characteristics of Laser Processed Stand-up Pouch for Easy-opening

Koji SHIMIZU*, Kazuyoshi HAYASHI*, Kozo MITA*

In this study, we discussed the characteristics of the stand-up pouch which had formed score lines, for easy-opening, made by the energy of a carbon dioxide (CO₂) laser beam. The stand-up pouch was made of a laminated film consisting of oriented nylon (ONy) film and linear low density polyethylene (LLDPE) film. A CO₂ laser beam at 5W, passing through a lens for focusing, formed score lines in both sides of the pouch. At the score line in processing speed from 6 to 30m/min, ONy melted and was removed completely because ONy absorbs the energy of CO₂ laser's wavelength at a higher level than LLDPE. In these pouches, not only was there no deviation from score lines at tear test, but also tear resistance decreased by half as compared to a pouch that has no score line. On the other hand, tensile stress decreased to a level of one-quarter of the other area, but it was considered that this reduction must not affect the whole strength of a pouch because all samples cleared drop test. Furthermore, characteristics of pouches with formed broken lines indicated a possibility to keep both tensile stress and tearing facility.

Keywords : Laser, Stand-up pouch, Easy-open

本研究では炭酸ガスレーザの吸収による加工性の差を利用した積層材料のハーフカット技術に着目し、これを用いたスタンドパウチの易開封化について検討を行った。二軸延伸ナイロンと線状低密度ポリエチレンの積層体からなるスタンドパウチの所定の位置に炭酸ガスレーザを照射した結果、レーザ出力5W、加工速度6~30m/min.の間で、ナイロン層のみが除去される状態が続くことが確認された。これによりパウチの開封が容易になり、開封時のガイド外れがなくなった他、引裂き強度についても未加工品と比較し50%低下した。一方、レーザ加工部の引張り強度は未加工部よりも約75%低下しており、ナイロン層の除去による包材の強度の低下が示唆された。しかしながら内容物充填時の落下試験からは未加工品との間に差は認められなかった。また加工形状を連続線状からミシン目状に変更することにより、直線開封性を保持しつつパウチの強度保持が可能となった。

キーワード : レーザ、スタンドパウチ、易開封

* 大日本印刷(株)包装研究所(〒350-13 埼玉県狭山市市上広瀬591-10): Dai Nippon Printing Co., Ltd. Packaging Laboratory, 591-10, Kamihirose, Sayama-city, Saitama, 350-13

1. 緒 言

家庭用洗剤の分野においては、環境への関心の高まりに伴いボトル容器の再利用を図った詰め替え容器が製品化されている。中でもスタンドパウチはフィルム主体の軟包装であり、プラスチック使用量もわずかで廃棄時にかさばらないことから、詰め替え容器の主体となりつつある。しかしながら、このスタンドパウチに使用される積層フィルムは、耐落下・衝撃強度の保持の点から100 μ m以上の厚みを有しているため手による開封は難しく、ハサミを使用するのが一般的である。この開封性を改善させる手段として、1. 機械的な刻み目の付与、2. 一軸延伸フィルムの積層等が行われているが、前者についてはメンテナンス、調整の煩雑さ、また後者については層数増加によるコストの増大、低い接着性等の問題が残される。

一方、レーザは工業的道具として広範に開発が進んでおり¹⁾、中でも材料加工はレーザ応用の最も発達した分野の一つである^{2), 3)}。特に高分子材料の加工にはその波長が赤外線領域にある炭酸ガスレーザが最も適しており、包装分野においても近年様々な用途開発が進められている⁴⁾。

そこで本研究では炭酸ガスレーザの吸収差、すなわち加工性の差を利用した積層材料のハーフカット技術に着目し、これをガイドとするスタンドパウチの易開封化について検討を行った。

2. レーザ加工によるハーフカット技術

一般に材料加工の分野においてレーザ加工

には次のようなメリットがあることが知られている^{5), 6)}。

- (1) 単波長：光の吸収性の差を利用した材料加工
- (2) 優れた集光性：微細加工への応用展開
- (3) 非接触加工：型刃等と異なり劣化の心配なし

本研究におけるハーフカット技術は、特に(1)、(2)の性質の利用によるものである。Fig. 1 にその加工メカニズムを示すが、レーザ吸収性の異なるフィルムを積層し、レーザ光を照射した場合、吸収性の強い層のみが溶融、蒸発しハーフカットが形成される。さらにレーザ光あるいは被加工物が移動することにより、吸収性の強い層にはスリット状の切り溝が形成されることから、このスリットがガイドとなり易開封性が付与される。この吸収性の差が大きいほど、レーザ出力の許容値は大きくなり微妙な調整が不要となるメリットも発生する。

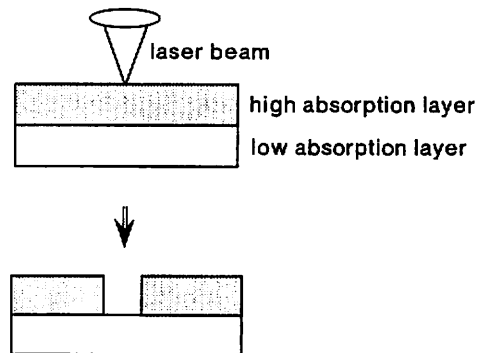


Fig. 1 Process for forming a score to a multilayer laminate

3. 実 験

本研究では連続線形状加工、およびレーザ

の発振制御による不連続線形状、いわゆるミシン目状の加工を施したスタンドパウチの物性評価、検討を行った。

3.1 サンプル

二軸延伸ナイロン(以下 ONy) 25 μm と線状低密度ポリエチレン(以下 LLDPE) 130 μm とをウレタン系接着剤を使用し、ドライラミネーション法により接着した。こうして作成した積層体を、幅 125mm、長さ 250mm のスタンドパウチに製袋し試験に供した。

3.2 レーザ加工

(1) 連続線加工

波長 10.6 μm の炭酸ガスレーザーを用い、出力 5W で発振したレーザー光をレンズで集光し、スタンドパウチを等速移動させながらレーザー光を所定の位置に照射することにより、直線状の刻み目を表裏に設けた^{7), 8)}。Fig. 2 に加工模式図を示す。

なお、本実験ではパウチの移動速度を変えることにより加工強度の異なるサンプルを作成し、また各加工部両端に I 型ノッチを付与して試験に供した。

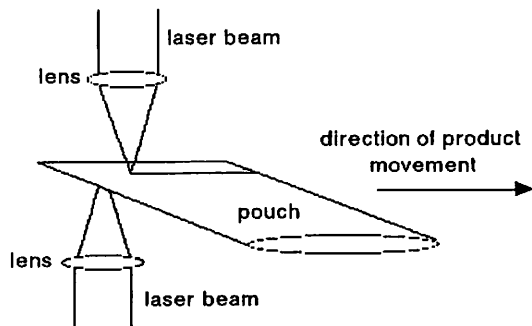


Fig. 2 Schematic diagram of forming score lines to a pouch

(2) ミシン目加工

レーザー出力を 8W とし、外部信号によりレーザーの ON/OFF 制御を行い所定のパルス波形をつくり、連続線加工と同様にパウチを 30m/min. で移動させてミシン目加工を行い、I 型ノッチを付与して試験に供した。本実験では発振時間を 4.5×10^{-3} 秒としてミシン目を 2.3mm に固定し、かつ波形を調節することによりミシン目間隔を変えたサンプルを作成した。

3.3 物性評価

3.3.1 加工深度、加工幅

加工部をマイクロームにて切断して光学顕微鏡により加工断面を撮影し、加工深度を観察した。また加工幅についてはマイクロスコープ(キーエンス VH-5910)にて加工部表面を撮影し、加工幅を測定した。

3.3.2 引き裂き性

加工部の引き裂き性を以下の 2 状態で測定した。

(1) フィルム状

JIS K7128 に準拠の方法により、エルメンドルフ引き裂き試験機を用いて引き裂き荷重を測定した。

(2) パウチ状

内容物として水 500ml を充填し、口部を 140 $^{\circ}\text{C}$ で 0.5 秒間ヒートシールしたサンプルを手で開封した時の最大引き裂き荷重を、プッシュプルゲージ(IMADA MODEL DPSS-20)にて測定した。

3.3.3 引張り強度

レーザー加工部に対して垂直方向の引張り強度を引張り試験機(東洋ボールドウィンテンシロン HTM-100)を用い、試料幅 15mm、引

張り速度300mm/min.の条件で測定した。

3.3.4 耐落下強度

内容物として水500mlを充填し、口部を140℃で0.5秒間ヒートシールしたサンプルを、高さ120cmより正立、倒立各10回落下させ、これを各10サンプル行った時の破袋数を調査した。

4. 結果及び考察

4.1 連続線加工サンプルの物性

4.1.1 加工深度、加工幅

加工線幅および加工深度と加工速度との相関をFig. 3に示す。ONyは炭酸ガスレーザーの波長に吸収があり、逆にLLDPEではその殆どを透過させることから、加工速度6~30m/min.と極めて広い強度範囲でハーフカット加工が可能となり、強度の差は加工幅の差となって現れた。加工速度が3m/min.以下では加工強度が大きくなりすぎてLLDPE層まで破壊が進行し、逆に加工速度が36m/min.

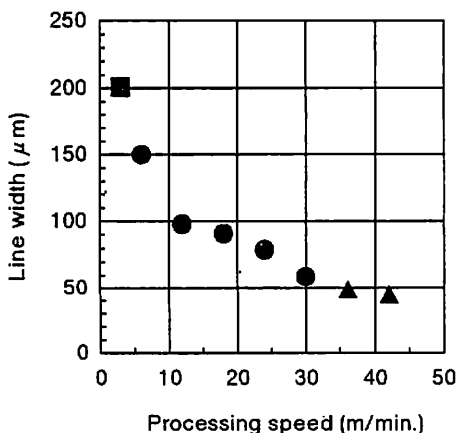


Fig. 3 Processing speed dependence of score-line width

(■) : both ONy and LLDPE were removed, (●) : only ONy was removed, (▲) : ONy was removed imperfectly

以上では、ONy層の加工が不十分で一部に残留する部分が見られた。また加工速度と加工深度とは連続な相関にはならず、前記3つの状態をとるのみであったが、加工速度と加工幅との間には、加工速度の低下、すなわ加工強度の増加に伴い加工幅も広がる連続的な相関が認められた。

4.1.2 引き裂き性

フィルム形態での引き裂き荷重測定結果をFig. 4に、また内容物充填時のパウチ形態での引き裂き荷重測定結果をFig. 5に示す。フィルム形態では10~36m/min.の加工速度範囲でガイド外れの無い良好な引き裂き性が維持された。引き裂き強度も2.0Nと安定した数値が得られた。これに対して36m/min.以上の加工速度ではONy層の破壊が不十分であったため、引き裂き強度の急激な上昇、すなわち引き裂き性の低下が認められた。また、10m/min.以下の加工速度でも同様に引き裂き強度の急激な上昇が認められたが、これはFig. 3において加工幅100 μm以上の加工速度に対応している。すなわち加工幅の増加によりレーザー加工部のガイドとしての役割が低下し、引き裂き時にLLDPEが伸びたため引き裂き強度が増加したと考えられる。

しかしながら、パウチ形態での引き裂き荷重測定においては、総ての加工速度で良好な直線引き裂き性が得られた。またフィルム形態での引き裂き性とは異なり加工速度には依存せず、ばらつきは大きいものの4.0~8.0Nの間でほぼ一定の値を示した。この数値は引き裂き時にかかる荷重の最大値であり、またパウチを開封する場合最も力を必要とするのは開封開始時と考えられる。従って本実験により開封途中の引き裂き性は加工幅、すなわ

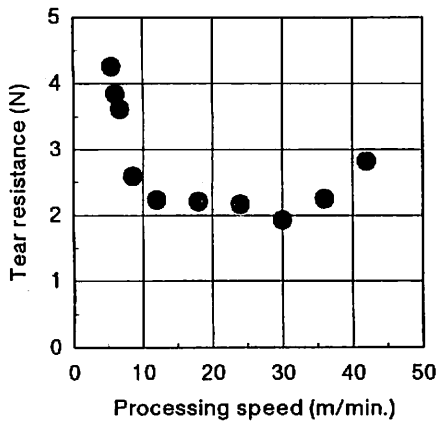


Fig. 4 Processing speed dependence of tear resistance measured by Elmendorf tear tester

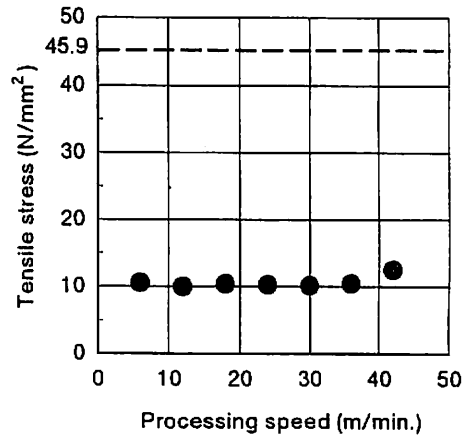


Fig. 6 Processing speed dependence of tensile stress across the score. The broken line indicates the value at non-processed area.

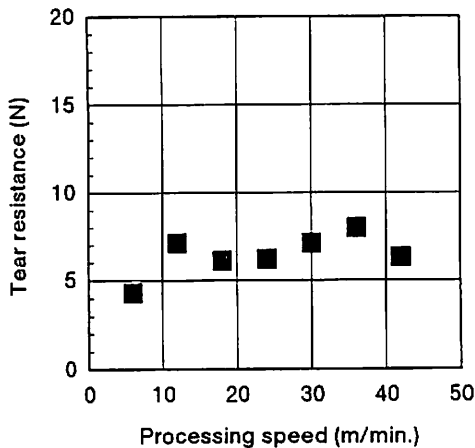


Fig. 5 Processing speed dependence of tear resistance opened by hand. Each pouch was filled with 500ml water, and its top was sealed.

ち加工速度に依存するものの、開封開始時においては加工速度よりむしろフィルム自身の物性に依存することが示唆された。

4.1.3 レーザ加工による強度低下

レーザ加工部は強度維持層である ONy が破壊され LLDPE のみが残るために、加工方向に垂直な方向の引張り強度の低下は避けられない。Fig. 6 に各サンプルの引張り強度測

定結果を示すが、加工速度 40m/min. 以上で増加傾向は見られるものの、それ以外では 10N/mm² 程度と、未加工部と比較してその強度は 1/4 にまで低下した。

しかし、内容物充填サンプルの落下試験では LLDPE の伸びによる加工幅の広がりには生じたものの、全ての加工条件において 1 袋の破袋も生じなかったことから、スタンドパウチ全体に及ぼす影響は少ないと考えられた。

4.2 ミシン目加工サンプルの物性

引張り強度の試験結果からも明らかな様に、連続線形状での加工では破袋は生じないものの加工部の強度低下は避けられなかった。そこで、この部分の強度の向上と易開封性とを両立させるために、本研究ではさらに不連続すなわちミシン目加工付与を検討した。その物性評価結果を Table 1 に示すが、間隔が 0.2mm までであれば、引き裂き強度は 25% 増加したものの、ガイド外れのない良好な直線開封性が得られた。また加工部に断続的に ONy が残ることから引張り強度につ

Table 1 Various properties of pouches formed broken line scores.
All samples were processed at 30m/min.

Shape of score	Intervals	Tear test	Tear resistance (N)	Tensile stress (N/mm ²)	Drop test
Solid line	—	○ (0)	1.9	10.2	○ (0)
Broken line	0.1mm	○ (0)	2.4	11.0	○ (0)
Broken line	0.2mm	○ (0)	2.5	12.0	○ (0)
Broken line	0.3mm	× (4)	—	—	—

* Tear test : the number of samples that weren't torn along the score line

Drop test : the number of burst samples

いても 20% の増加が認められた。

このことから、連続線形状からミシン目加工に変更することにより、易開封性を維持したままの強度の向上が可能であることが示唆された。

5. 結 論

本研究結果より、炭酸ガスレーザー波長の吸収差を利用したーフカット技術による、2層構造のスタンドパウチへの易開封性の付与が可能となった。

またレーザー加工サンプルの開封における引き裂き強度は著しく低下し、引き裂き性が向上するとともに、レーザー加工強度の広い範囲でこの易開封性は維持された。さらにレーザー加工部では強度の低下が認められるものの、包装袋の全体物性に及ぼす影響は少ないと考えられ、また連続線形状からミシン目形状加工に変更することにより、易開封性と強度の両立の可能性も示唆された。

<引用文献>

- 1) 小林春洋、“レーザーのはなし”、日刊工業新聞社、p.74 (1981)
- 2) 日本ラミネート懇話会、Packpia, 36 (10), 68 (1992)
- 3) Paul Crosby, Converting Magazine, 78, Sept.(1995)
- 4) 石井明、八木重典、“CO₂レーザー加工技術”、日刊工業新聞社、p.155 (1992)
- 5) 川澄博通、“レーザー加工技術”、日刊工業新聞社、p.41 (1985)
- 6) 藤波進、“レーザーと加工”、共立出版、p.24 (1983)
- 7) Jenifer Bunis, Laser Focus World, 49, June (1995)
- 8) 大竹祐吉、“レーザーの使い方と留意点”、オプトロニクス社、p.313 (1993)

(原稿受付 1997年1月13日)

(審査受理 1997年3月18日)