

一般論文

組紐ヒーターを用いたインパルスシーラー による滅菌バッグへの接合温度保持時間の効果

橋本 静生*、橋本 由美*、山田 和志**、宮田 剣***

Effect of Holding Time at Heat Sealed Temperature and Braid Heater for Heat Sealed Sterilized Bag

Yasuo HASHIMOTO*, Yumi HASHIMOTO*, Kazushi YAMADA**, and Ken MIYATA***

熱板シーラーと違いインパルスシーラーはヒーターの種類を容易に変えられるという特徴があり、我々は従来のリボンヒーターに替わる新たなヒーターの一つとして組紐ヒーターを考案した。以前の研究において、この組紐ヒーターを用いて滅菌バッグのシールを行い、接合温度および接合圧力、冷却温度の効果について評価した結果、従来のリボンヒーターと比較して組紐ヒーターの方が、高いはく離強度が得られることを示した。一般にヒートシールでは、保持時間を長くすると、シール性が良くなることが知られている。そこで本研究では、接合温度保持時間を変化させて接合したサンプルをはく離試験を用いて評価した。その結果、接合温度保持時間が長いほど、はく離強度が高くなることがわかった。また、リボンヒーターに比べて、組紐ヒーターの方が高いはく離強度を示すことがわかった。

Unlike hot plate sealers, impulse sealers have the feature of being able to easily change the type of heater. We have devised a braided heater as one of the new heaters to replace the conventional ribbon heater. In our previous study, this braided heater was used to seal sterilized bags and to evaluate the effects of heat-sealed temperature, heat-sealed pressure, and cooling temperature. As a result, it has been shown that the braided heater can obtain higher peel strength as compared with the conventional ribbon heater. Generally, in heat sealing, it is known that the longer the holding time, the better the sealing performance. In this study, samples sealed by changing the holding time at heat-sealed temperature were investigated using a peeling test. As a result, it was found that as the holding time at heat-sealed temperature is longer, the peel strength is higher, whereas the braided heater exhibited higher peel strength than the conventional ribbon heater.

キーワード :滅菌バッグ、接合温度保持時間、はく離試験、組紐ヒーター

Keywords :Sterilized bag, Heat sealing temperature holding time, Peel test, Braid heater

1. 緒言

一般的に、袋を製作する際には、熱接合法が多く用いられるが、熱接合部の強度に影響

する因子として、接合温度、接合圧力、接合温度保持時間などが関与する。インパルスシーラーの場合、さらに、冷却温度、ヒーター

* 連絡者(Corresponding author), 富士インパルス株式会社(〒561-0834 大阪府豊中市庄内栄町 4-23-18), Fuji-Impulse Co., Ltd. 4-23-18, Syounaisakaemachi, Toyonaka City, Osaka 561-0834, Japan, TEL: 06-6335-1850, FAX: 06-6335-1852, E-mail: yasuo.hashimoto@fujiiimpulse.co.jp,

** 京都工芸繊維大学, Kyoto Institute of Technology

*** 山形大学, Yamagata University

形状なども関与する。接合温度、接合圧力については、ポリ乳酸フィルム、OPP/CPPフィルム、滅菌紙を用いた滅菌バッグ、ポリエチレン不織布を用いた滅菌バッグなどで検討してきた⁽⁴⁻⁷⁾。ヒーター形状については、従来のリボンヒーターと異なる柔軟性の高い組紐ヒーターを用いて、PET/AL/LDPE、滅菌紙を用いた滅菌バッグで検討を行い、組紐ヒーターがリボンヒーターと比較して低い接合温度で高いはく離強度が得られることを明らかにした^(8,9)。冷却温度の効果については、滅菌紙を用いた滅菌バッグで検討を行った⁽¹⁰⁾。接合時間については、シール時間が短いほど工業的には効率が良い。過去の研究において、接合温度範囲が狭く接合の難しいポリ乳酸フィルムで検討を行った結果、加熱時に接合温度保持時間を設けることにより、より安定した熱接合が可能となることを明らかにした⁽¹¹⁾。インパルスシーラーにおいて、加熱時間は数秒と短いため結晶化度はあまり上がらないが、加熱時間を長く保持することによってポリ乳酸の結晶化度が高くなると考えられる^(12,13)。また、組紐ヒーターは過去の研究により同じ圧力、同じ冷却温度であれば、リボンヒーターよりも高い強度が得られることが分かっている⁽¹⁰⁾。滅菌バッグにおいても接合温度保持時間を設けることにより、同じ温度で熱接合部のはく離強度が上がれば、封入された医療器具等の汚染防止に貢献することができる。そのため接合温度保持時間においても、同様の結果が得られることが期待できる。そこで本研究では、滅菌紙を用いた滅菌バッグで熱

接合を行い、接合温度保持時間の影響について検討を行った。また、その際にリボンヒーターおよび組紐ヒーターの2種類のヒーターを用いて検討した。

2. 実験

2.1 使用フィルム

試料には市場に流通しているメッキンバッグ HM-1105 (ホギメディカル社製) を用いた。この滅菌バッグは外側の透明フィルムが PET フィルム、滅菌紙とシールされる内側が CPP フィルムで、PET と CPP フィルムがドライラミネートされている。滅菌紙には PP 繊維が配合されており、ヒートシール性の向上が図られている。PET/CPP の厚さは 45 μm 、滅菌紙の厚さは 90 μm のものを使用した。なお、この滅菌バッグの DSC 結果を Fig.1 に示したが、フィルムの熔融温度が、165°Cであった。従って、180°Cを接合温度に設定した。

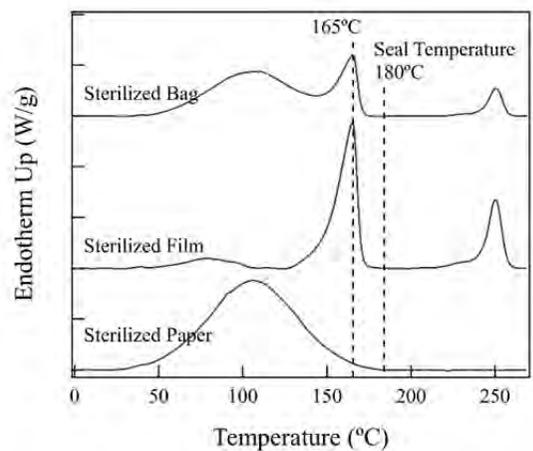


Fig.1 Typical DSC curves of sample films.

2.2 接合装置と接合条件

熱接合装置には、温度センサーを内蔵し、クローズドループで温度制御の可能な、インパルス式熱接合装置（富士インパルス社製）を用いた。インパルス式は熱板方式と比較し、熱接合時に加圧したまま冷却するため、シール面が収縮せず美しいという特徴がある。

加熱ヒーターには、従来使用されている接合幅 10 mm のニッケルクロム (NiCr) 製リボンヒーターおよび幅 10 mm の組紐ヒーター（富士インパルス社製）を用いた。なお、組紐ヒーターは伝統的な組紐作製技術を用いて NiCr 製ワイヤーを組むことにより作製した。

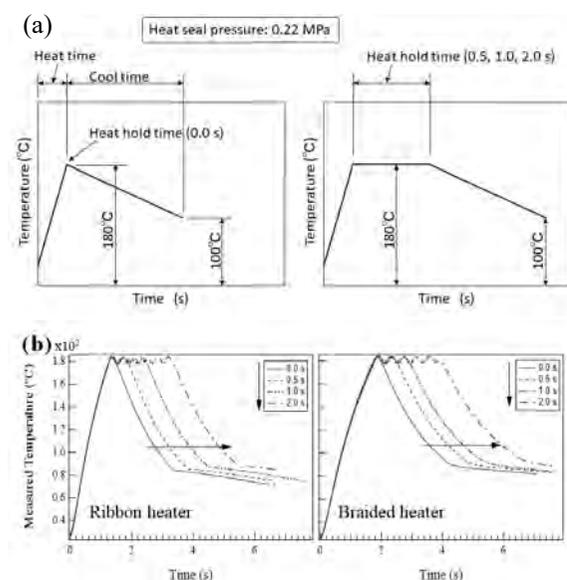


Fig.2 Temperature profile to heat-sealing of sample films, (a) set profile and (b) measured temperature curves.

Fig.2(a)に接合時の温度推移の模式図を示す。このように、接合温度は 180°C、接合圧

力は 0.22 MPa、接合温度保持時間は、0.0、0.5、1.0、2.0 s、冷却温度は 100°Cとし、冷却温度に到達したときに加圧解放した。実際の温度推移は Fig.2(b)に示す通りであった。本研究で用いた熱接合方法は、Fig.3 に示すように片面加熱であり、ヒーターに接した面(外側)の温度を、本稿における接合温度と定義する。また、接合時におけるフィルムの接合面(内側)とヒーターに接した面(外側)との温度差は、保持時間が 0.0 s のとき、組紐ヒーターで約 5°C、リボンヒーターで約 10°Cであった。⁹⁾

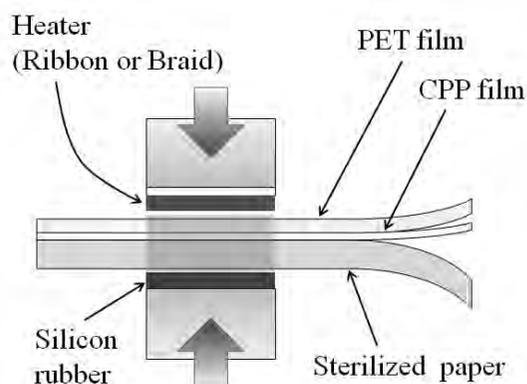


Fig.3 Schematic illustration of heat-sealing image of heat-sealed machine.

2.3 はく離試験

はく離試験には、フィルム専用簡易引張試験機 (PTT-100、富士インパルス(株)社製) を用い、25°Cの室温にて JIS Z0238 に基づき、試験を行った。滅菌バッグメーカーが紙粉発生を抑制するために、はく離方向として指定している MD (Machine direction) 方向に引張られるように、2枚重ねて接合幅 10 mm で接合

した。MD 方向とは、フィルム成形時の巻取り方向である。その後、Fig.4(a)に示すように、幅 15 mm、長さ 60 mm のサイズにフィルムを切り出し、Fig.4(b)に示す写真の様に取付けた。はく離試験は、はく離方向に向かって熱接合部を中心に 180° 開き、つかみ具間距離 25 mm、はく離速度 300 mm/min にて行った。サンプル数は 5 本とした。

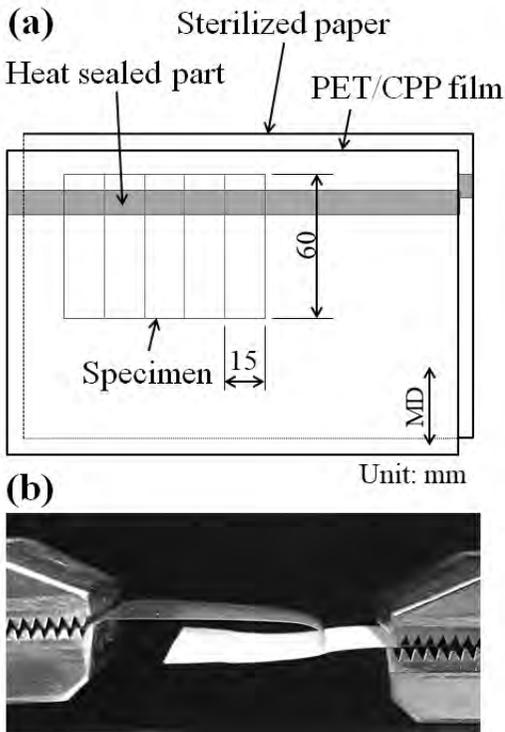


Fig.4 Schematic illustration of (a) heat-sealed sample bag and (b) peel test specimen.

2.4 顕微鏡観察

デジタルマイクロスコープ(KEYENCE 社製、VHX-900F)により、はく離試験後の PET/PPP フィルム断面の観察を行った。

3. 結果と考察

3.1 はく離試験

Fig.5 に、はく離試験時の荷重変位線図を示す。本図は、5 本の試験片のうち、中央値を示した試験片のデータを用いた。本図より、保持時間が長いほど、強く接合できているのが観察された。また、同じ保持時間であれば、組紐ヒーターの方がリボンヒーターよりも強く接合できていることがわかった。特に Fig.5(b)に見られるようにエッジ部分 (はく離開始部と終了部分) において、2.0 s 保持の時、組紐ヒーターは、リボンヒーターの約 4 N/15mm に比べて、約 8 N/15mm と、強く接

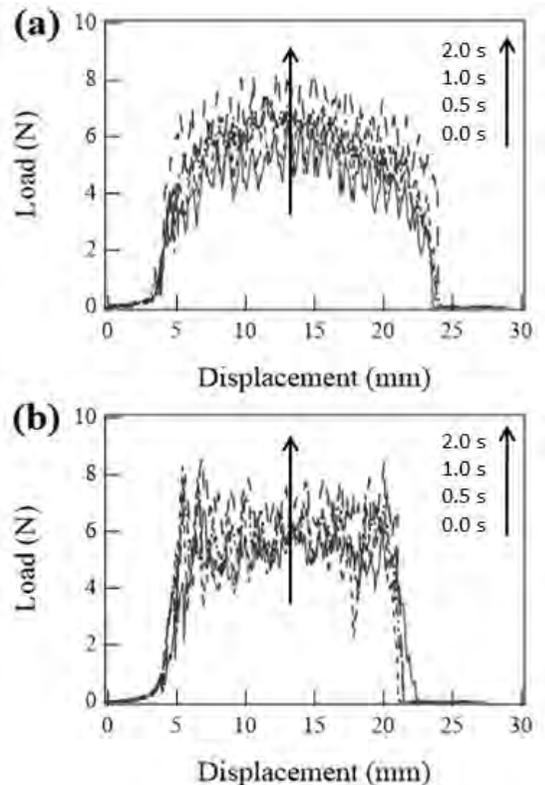


Fig.5 Load-displacement curves for (a) ribbon heater and (b) braid heater.

合できていた。組紐ヒーターは細線で組まれているのでヒーター表面上の組目部分が平坦ではなく、微細な凹凸を形成している。そのため、表面が平坦なリボンヒーターと比較して、接合面積が大きくなるとともに、凸部に圧力が集中した結果、プラスチックフィルムおよび滅菌紙が熔融・接合し易くなっているものと考えられる⁸⁾。

それ故、滅菌時の滅菌バッグは、滅菌時に加圧と減圧が繰り返されるため、エッジ部が強く接合できる組紐ヒーターを用いることは、有用であると考えられる。

縦軸に、はく離強度、横軸に接合温度保持時間をとったグラフを **Fig.6** に示す。はく離強度は、荷重変位線図の最大荷重とし、各プロットは5本の平均値である。はく離強度はどちらのヒーターにおいても接合温度保持時間が長くなるほど強くなることがわかる。接合温度保持時間 0 s においてリボンヒーターで接合したフィルムのはく離強度は 6.34 N/15mm であるのに対して、組紐ヒーターで接合したフィルムのはく離強度は 7.76 N/15mm と高い値を示した。接合温度保持時間 2.0 s におけるはく離強度はリボンヒーターでは 8.26 N/15mm、組紐ヒーターでは 8.46 N/15mm とほぼ近い値となっていた。これより、リボンヒーターと比較して組紐ヒーターの方が接合温度保持時間の影響を受けにくく、保持時間 0 s でも高いはく離強度が得られることがわかった。これは組紐ヒーター表面の微細な凹凸により、各凸部に接合圧力が集中し、ヒーター加熱により瞬間的に熔融したプ

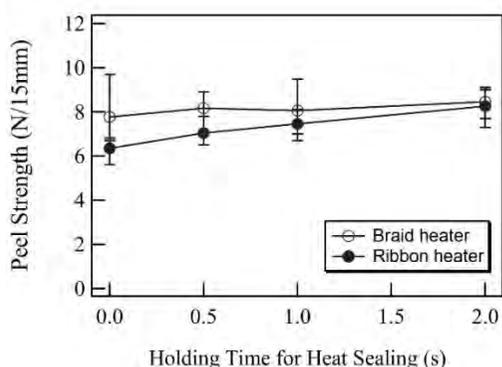


Fig.6 Peel strength of sterilized bag specimens for various holding time in heat seal.

ラスチックフィルム表面が滅菌紙に侵入し固化したためにはく離強度が向上したと考えられる。

Fig.7 に、はく離試験後の試験片の写真と各画像の明度 L^* を示す。はく離された PET/PP フィルムのはく離面で、白く見えるのはフィルム側に付着している滅菌紙である。接合温

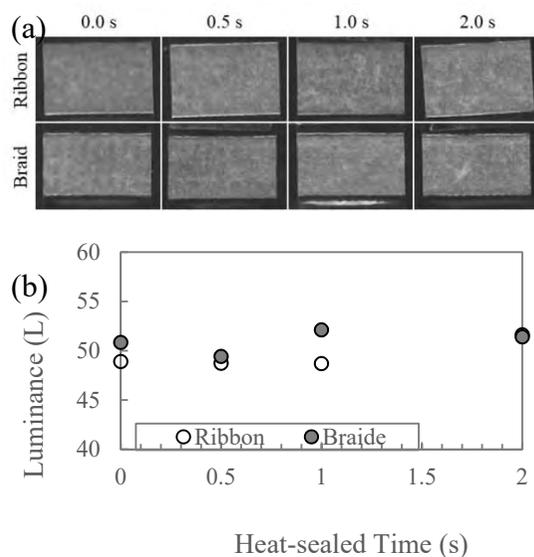


Fig.7 Photographs (a) and average L^* -values (b) of heat-sealed part after peel testing.

度保持時間が長いほど、はく離表面上への滅菌紙の量が増えているのが観察された。また、視覚的にも数値的にもリボンヒーターに比べ、組紐ヒーターの方が付着している滅菌紙の量が多い傾向であった。

Fig.8 に顕微鏡下で撮影したはく離試験後の PET/PP フィルム断面の写真を示す。顕微鏡観察結果より、0.0 s、2.0 s 共にリボンヒーターに比べ、組紐ヒーターの方が断面幅が大きく、CPP 表面に付着している滅菌紙の量が多い傾向であった。これらの結果も、熔融したプラスチックフィルムが滅菌紙に、より多く浸透したために、はく離時により多くの紙繊維をフィルム側に付着させたものと考えられる。

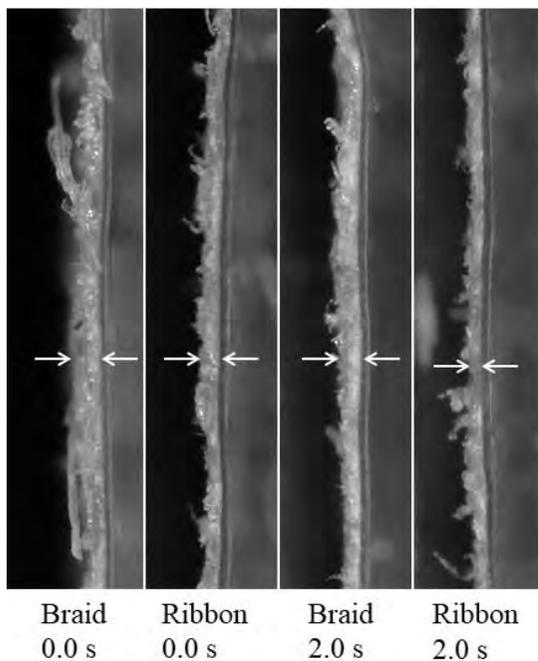


Fig.8 Lateral optical microscope images at heat sealed part after peel testing.

4. 結論

本報では滅菌バックのインパルス式熱接合装置における、高いはく離強度を得るための接合温度保持時間と組紐ヒーターの有用性について検討した。本試験に用いた滅菌バックのフィルムと紙の接合においては、組紐ヒーターおよびリボンヒーターのいずれにおいても、保持時間が長い方が、高いはく離強度を示すことがわかった。また、組紐ヒーターは、リボンヒーターに比べ、短い保持時間でも、比較的良好な、はく離強度を得ることができた。

<参考文献>

- 1) 橋本静生,成形加工, 18 (8),600 (2006).
- 2) 橋本由美,成形加工,19(4),236(2007).
- 3) 橋本由美,日本包装学会誌, 21 (2), 115(2012).
- 4) 橋本由美,日本包装学会誌, 20 (4), 273 (2011).
- 5) 橋本静生,日本包装学会誌, 22 (3), 227(2013).
- 6) 橋本由美,日本包装学会誌, 18 (4), 251 (2009).
- 7) 橋本由美,日本包装学会誌, 17 (4), 265 (2008).
- 8) 橋本静生, 成形加工, 26 (2), 88 (2014).
- 9) 橋本由美, 日本包装学会誌, 24 (6), 349 (2015).
- 10) 橋本静生, 日本包装学会誌, 26 (4), 185 (2017).
- 11) 橋本静生, 日本包装学会誌, 19 (3), 193

(2010).

- 12) T.tabi, eXPRESS Polymer Letters, 4 (10)
659, 2010.
- 13) Yottha Srithep, POLYMER
ENGINEERING AND SCIENCE-2013,
580.

(原稿受付 2018年 12月 21日)

(審査受理 2019年 6月 11日)